



ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

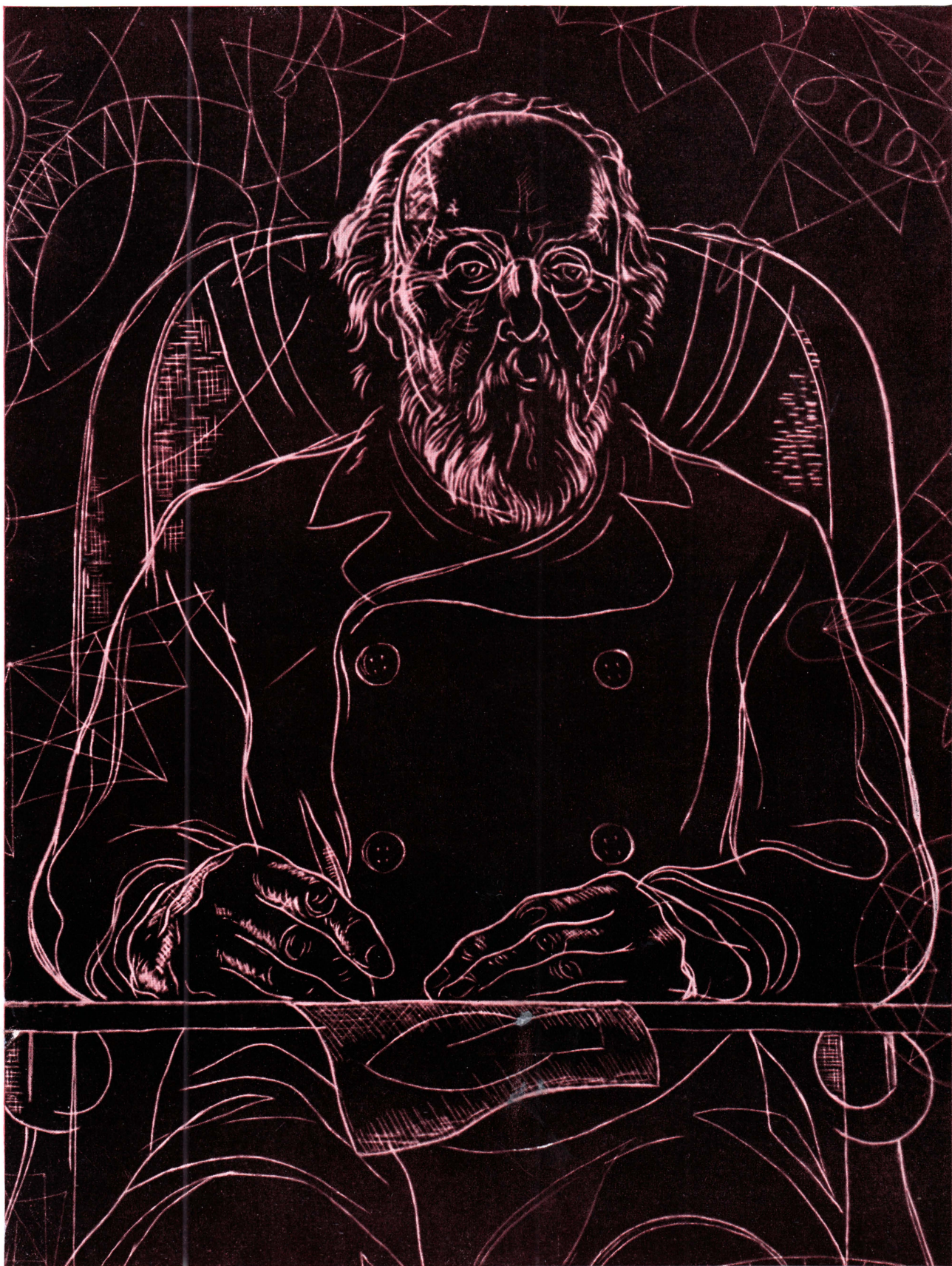
5

1969

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



Портрет К. Э. Циолковского, выполненный резьбой по тонированному гипсу художником Б. А. Тальбергом, Государственный музей истории космонавтики имени К. Э. Циолковского

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



СЕНТЯБРЬ — ОКТЯБРЬ

5 1969

Издательство «Наука»

Москва

В номере

В. Г. Фесенков — Проблемы и достижения космонавтики . . .	6
Ю. В. Ризниченко — «Почему сейсмология?» . . .	16
И. И. Черкасов, В. В. Шварев, Г. С. Штейнберг — Лунные ландшафты среди вулканов Камчатки . . .	26
И. Д. Новиков — Гравитирует ли вакуум? . . .	36
М. Миннарт — Необычные или незамечаемые оптические явления . . .	43
Н. Н. Михельсон — Системы управления телескопами . . .	51
Е. М. Филиппов — Ядерные плотномеры . . .	55

ЛЮДИ НАУКИ

Первый директор Московского планетария . . .	60
--	----

ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ

К 150-летию Ленинградского университета

В. А. Домбровский, Г. В. Молочнов — Развитие астрономии и геофизики в Ленинградском университете . . .	64
И. А. Хвостиков — Мезосфера, мезопауза, облака . . .	68
В. А. Бронштэн — Ленинградский исследователь планет . . .	70

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Е. П. Левитан — Элементы астрономии и космонавтики в новой десятилетней средней школе . . .	72
---	----

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

И. С. Короченцев — Музей звездоплавания . . .	77
---	----

НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ

Л. П. Гребенев — Школьная обсерватория в селе . . .	83
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Странички наблюдателя . . .	86
-----------------------------	----

Отвечаем на вопросы читателей . . .	93
-------------------------------------	----

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

В. В. Полонский — Солнце на марках . . .	94
--	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Первые люди на Луне [4]; Посадочная площадка «Аполлона-11» [14]; Первый лауреат Золотой медали имени Ю. А. Гагарина [15]; Пульсары выбрасываются из Галактики? [24]; Пульсар в Крабовидной туманности [24]; Новые данные о кратере Риз [35]; Кратер в Сахаре [41]; Рентгеновская фотография солнечной вспышки 8 июня 1968 г. [49]; Самые точные маятниковые часы в мире [54]; Высокоточный оптический теодолит Т-05 [54]; Необычный град [59]; На орбите — «Молния-1» [59]; Книги о Земле и небе [82, 96]; Первый слет юных любителей астрономии [92].

На обложке: 1-я стр. — «Притихший дьявол» — вулкан Малый Селячик на Камчатке. (Фото И. И. Черкасова); 4-я стр. — Посадочная площадка «Аполлона-11».



ВЫМПЕЛ С БАРЕЛЬЕФОМ ВЛАДИМИРА ИЛЬИЧА ЛЕНИНА, доставленный на Венеру межпланетной станцией «Венера-5»

Внедрение науки в различные области экономической и общественной жизни, полное использование возможностей, открывающихся в результате научно-технической революции, для ускоренного экономического развития и удовлетворения потребностей всех членов общества — все это становится возможным благодаря социалистическому характеру собственности, плановой организации производства, активному участию работников физического и умственного труда в руководстве и управлении хозяйством. Широкое развертывание научно-технической революции, которая стала одним из главных участников исторического соревнования между капитализмом и социализмом, является важным условием развития социалистического общества.

(Из Основного документа, принятого международным Совещанием коммунистических и рабочих партий в Москве 17 июня 1969 г.)

В канун 100-летнего юбилея со дня рождения В. И. Ленина Совецание коммунистических и рабочих партий обращает свои мысли к бессмертному гению нашей революционной эпохи.

Имя Ленина стало символом победы Великого Октября, крупнейших революционных свершений, которые в корне изменили социальный облик мира, ознаменовали поворот человечества к социализму и коммунизму.

Ленин — выдающийся мыслитель, всесторонне развивший созданную Марксом и Энгельсом науку: диалектический материализм, политическую экономию, теорию социалистической революции и строительства коммунистического общества.

Ленин — создатель большевистской партии — первой пролетарской партии нового типа, руководитель первой в мире победоносной социалистической революции, основатель первого в истории пролетарского государства, советской социалистической демократии.

Ленин — неггибаемый борец против империализма и реакции, отстаивавший единство действий всех отрядов трудящихся в сражениях с общим классовым врагом; последовательный интернационалист, поборник равенства, мира и дружбы между народами, гневно осуждавший любые проявления расизма и шовинизма; друг всех угнетенных наций, открывший победный путь борьбы против колониализма, за независимость и свободу народов, за их право самим определять свою судьбу.

Признанный вождь международного рабочего класса, Ленин видел в пролетариате ведущую силу, способную выполнить всемирно-историческую миссию свержения капитализма и социалистического преобразования общества. Он разработал учение о союзе рабочего класса с крестьянством. Отстаивая единство рабочего движения, Ленин был непримирим к оппортунизму во всех его формах.

Участники международного Совещания коммунистических и рабочих партий обращаются ко всем коммунистам, ко всем борцам за социалистическое преобразование общества, ко всем сторонникам прогресса и мира с призывом достойно отметить 100-летие со дня рождения великого Ленина. Изучайте труды Ленина! В них вы найдете неиссякаемый источник вдохновения для борьбы против реакции и угнетения, за социализм и мир. Знакомство с ними поможет молодому поколению яснее увидеть революционные перспективы нашей эпохи. Шире пропагандируйте достижения ленинизма, успехи социалистических стран, коммунистических партий, всех революционных сил!

(Из Обращения международного Совещания коммунистических и рабочих партий «О 100-летию со дня рождения Владимира Ильича Ленина»)

Первые люди на Луне



По мнению американских ученых, уже первый выход человека на Луну даст многое для выяснения природы нашего вечного спутника.

Много пищи для размышлений дала и сама посадка на лунную поверхность лунного отсека корабля «Аполлон-11». Если бы посадка кабины с Нейлом Армстронгом и Эдвином Олдрином на борту осуществлялась без вмешательства самих космонавтов, то кабина наверняка потерпела бы аварию, а космонавты погибли. Оказалось, что точные карты лунного рельефа трудно составить даже с таких близких окололунных орбит, как орбиты командного отсека «Аполлон-8» и лунного отсека «Аполлон-10». Поэтому посадка кабины Армстронга и Олдрина была запрограммирована на не обнаруженный ранее кратер, заполненный крупными камнями. Глубина этого кратера 16 м. Чтобы обеспечить безопасную посадку своего «Орла», Армстронгу пришлось срочно перейти на ручное управление.

С другой стороны, если бы посадка «Орла» осуществлялась только самими космонавтами, то и в этом случае Армстронг и Олдрин могли бы и не стать первыми землянами, побывавшими на Луне. В течение последних секунд приближения к Луне вычислительное устройство на борту лунной кабины буквально «захлебнулось» от обилия информации и стало подавать сигналы тревоги. По словам руководителя программы «Аполлон» генерала Филлипса, за мгновение до посадки мог встать вопрос об отмене прилунения. И все-таки посадка была осуществлена по настоянию специалистов, следивших за прилунением по показаниям телеметрии. Специалисты оказались правы: посадка произошла исключительно мягко примерно в 6 км от ранее выбранного участка Моря Спокойствия (см. стр. 14).

По словам самих космонавтов, поверхностный слой Луны оказался тонко гранулированной пылью черноватого цвета, напоминающей размельченный древесный уголь и легко прилипающей к подошвам обуви и скафандрам. Когда Олдрин ударил носком своей галоши по поверхности, то пылевые частички разлетелись на довольно значительное расстояние. Этой пылью покрыты и лунные камни.

Поднятая работающими двигателями «Орла» лунная пыль была замечена космонавтами на высоте примерно 12 м над поверхностью Луны. Тем не менее, двигатель лунного отсека не оставил на поверхности Луны никакого кратера. Опоры «Орла» углубились в поверхность всего на 3—4 см, а ноги космонавтов только на несколько миллиметров. Попытки космонавтов взять образцы более глубоких слоев не увенчались успехом. Специальная трубка-бур достигла глубины лишь 3 см.

Армстронг и Олдрин собрали образцы лунных камней общим весом несколько больше 20 кг. Камни были упакованы в два герметичных ящика. В один ящик сложили образцы, отобранные в непосредственной близости от прилунившегося аппарата. В другом ящике упаковали 14 кг образцов, взятых в отдалении от корабля.

Космонавты установили на лунной поверхности особо чувствительный сейсмограф. Смонтировали специальный рефлектор для отражения лазерных лучей, посылаемых с Земли для точного определе-

Нейл Армстронг перед первым шагом на Луне (снимок Э. Олдрина). Сступив на лунную поверхность, Н. Армстронг сказал: «Это маленький шаг для одного человека и гигантский — для всего человечества»

ния расстояния между Луной и Землей и для изучения деформаций лунной поверхности под влиянием земного притяжения.

Космонавты подвергли облучению солнечным ветром лист алюминиевой фольги. Изучение экспонированной фольги в лаборатории позволит получить данные о составе солнечного ветра (обилие в нем инертных газов и др.).

На Луне космонавты двигались гораздо быстрее, чем предполагали многие ученые. Оба космонавта считают, что на Луне было легче работать, чем в условиях полной невесомости на борту корабля.

Во время своего пребывания на лунной поверхности Армстронг и Олдрин, вопреки ожиданиям, не ощутили ни действия метеоритов, ни утренних солнечных лучей, нагревавших лунную поверхность до 117°C , ни «смертоносного» радиоактивного излучения лунной поверхности.

Предварительные исследования лунной пыли и лунных камней выявили некоторые неожиданности. Оказалось, например, что таинственная лунная пыль, обволакивающая камни, примерно на одну треть состоит из блестящих шариков. В лунном веществе обнаружено 40 элементов, среди которых преобладают кислород, натрий, магний, алюминий, кремний, кальций и железо.

Анализ химического состава камней займет несколько месяцев. Пока определена лишь структура некоторых из них. В первом ящике находились разновидности зернистой застывшей вулканической лавы, а также комья лунной пыли, окруженные каплями стекла, подобно сахарной корке вокруг глазированного ореха.

Камни из второго ящика показались американским ученым непохожими на что-либо земное.

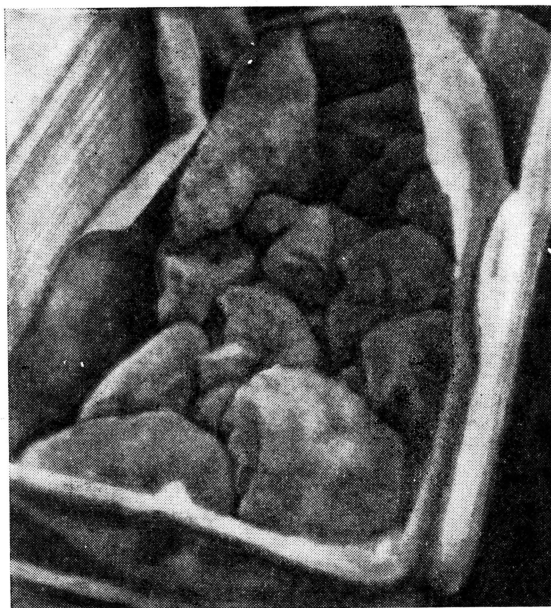
В образцах лунного вещества пока не найдено никаких микроорганизмов. Исследования продолжаются.

Лунный сейсмограф уже зарегистрировал несколько сотрясений лунной поверхности, которые, однако, можно отнести и к лунотрясениям, и к последствиям ударов крупных метеоров о поверхность Луны, и даже к результатам обвалов стенок кратеров вследствие нагрева солнечными лучами поверхностного слоя.

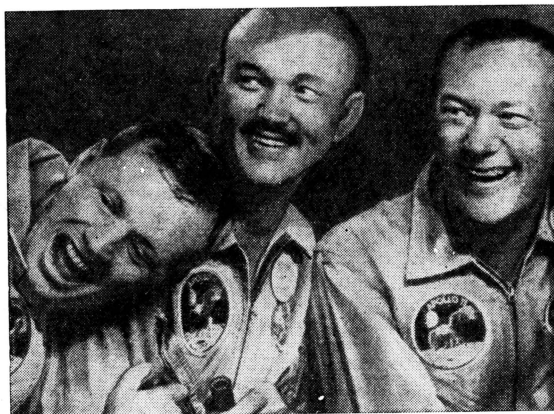
Установленный на Луне рефлектор лазерных лучей позволил с исключительной точностью измерить расстояние между Луной и Землей.

Ученые пока не спешат с какими-либо определенными выводами. Они утверждают лишь одно: при наличии соответствующих систем жизнеобеспечения, человек может жить и работать на Луне.

В. В. МИХАЙЛОВ



Первая фотография лунных камней, сделанная в лаборатории Хьюстона



Нейл Армстронг, Майкл Коллинз и Эдвин Олдрин после возвращения на Землю

ПРОБЛЕМЫ И ДОСТИЖЕНИЯ

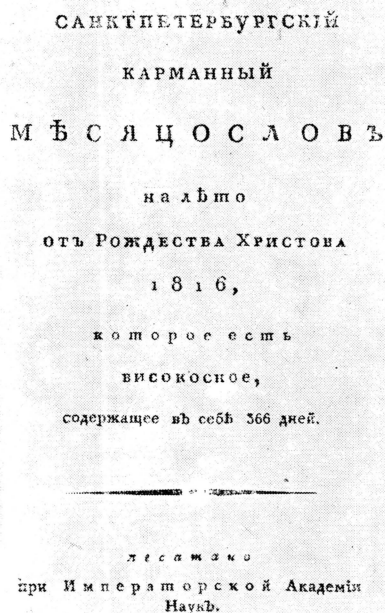
Многовековая мечта человечества

Человечество с незапамятных времен интересовалось Вселенной, живо ощущая свою зависимость от космических условий. Когда гелиоцентрическая система Коперника получила всеобщее признание и стало очевидно, что наша Земля — лишь рядовая планета солнечной системы, а Солнце — обычная звезда в огромной Галактике, было признано совершенно несомненным существование обитаемых миров. Это стимулировало

стремление человека выйти в Космос и установить непосредственные контакты с обитателями других планет.

Проблема обитаемости Космоса стала вызывать всеобщий интерес. В XVII столетии получили известность высказывания Гюйгенса и особенно Фонтенелля, книга которого «Разговоры о множественности обитаемых миров», несмотря на противодействие церковных кругов, была издана на русском языке стараниями М. В. Ломоносова. В календарях, выпускаемых Петербургской академией наук в начале XIX столетия, при изложении физических свойств планет обязательно описывались предполагаемые обитатели их. Например, в Санкт-петербургском месяцеслове на лето 1816 можно прочитать об обитателях Юпитера, страдающих от краткости суток, о жителях Сатурна, которые «в рассуждении ночного освещения улиц ограничены своими семью лунами», о том, что «жителям кольца Сатурна еще хуже, потому что у них 15 лет продолжается день и столько же ночь, так что там народы переселяются не для грабежей и убийств, но для того, чтобы погреться на солнце» и т. д.

В 1860 г. появилась книга молодого К. Фламариона «Множественность обитаемых миров». Только во Франции книга держала свыше 50 изданий и была переведена на многие языки мира. В этой и аналогичных книгах не давалось еще никаких непосредственных доказательств обитаемости других планет, что, впрочем, не мешало Фламариону описывать прогулки, совершаемые жителями Марса. Но вскоре, как будто бы, такие доказательства появились. П. Ловелл подтвердил наличие на Марсе геометрически правильной сети каналов, открытых еще Дж. Скиапарелли, и увидел в них проявление деятельности марсианских инженеров. Как известно, в дальнейшем это не подтвердилось, но существование на Марсе какой-то жизни все же до сих пор представля-



КАЛЕНДАРЬ, изданный Петербургской академией наук в начале XIX в., содержал сведения о физических свойствах планет

КОСМОНАВТИКИ

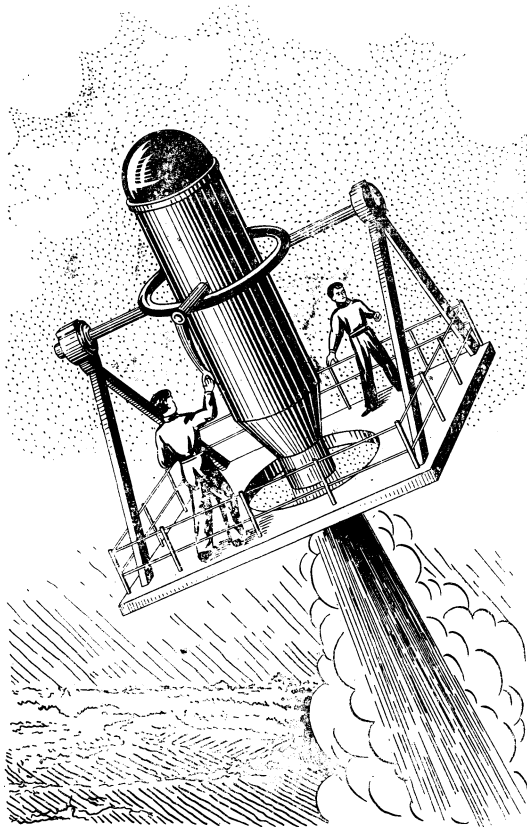
В. Г. ФЕСЕНКОВ
академик

ется довольно вероятным. Некоторые современные исследователи, например А. Беркнер (США), считают, что образование лимонита, слагающего светлые области Марса, не могло происходить без кислорода, выделяющегося в результате биологических процессов. По-видимому, окончательное решение проблемы жизни на Марсе должно принадлежать космонавтике.

На основании детального исследования вещества углистых хондритов установлено, что сложные органические соединения вплоть до составляющих ДНК образовались еще на допланетной стадии, а в дальнейшем поступали на планеты. Поэтому обследование поверхностей планет может значительно расширить наши сведения об общих условиях зарождения и развития жизни.

Проблема внеземных цивилизаций неоднократно обсуждалась на различных совещаниях в СССР (1964 г.) и США (1966 г.), где были разработаны некоторые проекты обнаружения других цивилизаций и возможных контактов с ними. Однако тщательные наблюдения до сих пор не привели к положительным результатам. Несмотря на это, всякий раз, когда открываются какие-либо новые необычные объекты, прежде всего высказывается предположение об их искусственном происхождении. Так, например, пульсары с их удивительно правильными короткопериодическими колебаниями излучения рассматривались некоторыми учеными как сигналы, посылаемые другими цивилизациями. Другой пример: профессор А. Баррет (США) приводит аргументы в пользу того, что даже излучения точечных источников гидроксила OH вполне соответствуют наиболее рациональной программе межзвездных сообщений, хотя по совокупности данных они скорее всего характеризуют звезды в процессе их возникновения.

Таким образом, существенным стимулом развития космонавтики на заре ее зарожде-



ТАКИМ ПРЕДСТАВЛЯЛСЯ СОВРЕМЕННОКАМ ракетный летательный аппарат, проект которого разработал Н. И. Кибальчич

ния, несомненно, явилось стремление человечества найти какую-то жизнь в Космосе, войти в сношения с представителями других миров. Чисто научные задачи стояли тогда в известной степени на втором плане. Не случайно основоположник современной космонавтики К. Э. Циолковский высказывался

относительно условий жизни на Луне, население которой, по его мнению, должно приспособляться к резким температурным перепадам от дня к ночи, и особенно развивал идеи о длительных космических полетах к другим мирам, хотя не случайно также и то, что свою основную работу он назвал «Исследование мировых пространств реактивными приборами».

ОТ ФАНТАСТИЧЕСКИХ ИДЕЙ К СТРОГОМУ РАСЧЕТУ

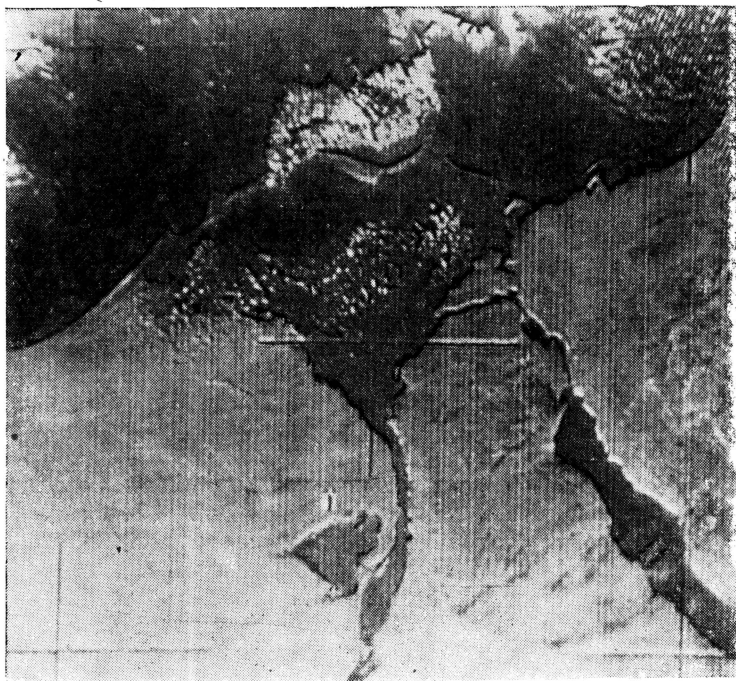
Остановимся в общих чертах на проблеме развития техники выхода в Космос и овладения космическим пространством.

Для полета в Космос прежде всего нужно, очевидно, преодолеть земное притяжение и сопротивление атмосферы. Далее космический корабль должен двигаться по строго рассчитанной траектории под действием совместного притяжения Солнца и различных планет. Важно иметь возможность корректировать движение космического корабля с помощью двигательной установки, работа которой может управляться или сигналами с Земли, или автономной бортовой системой, или самими космонавтами.

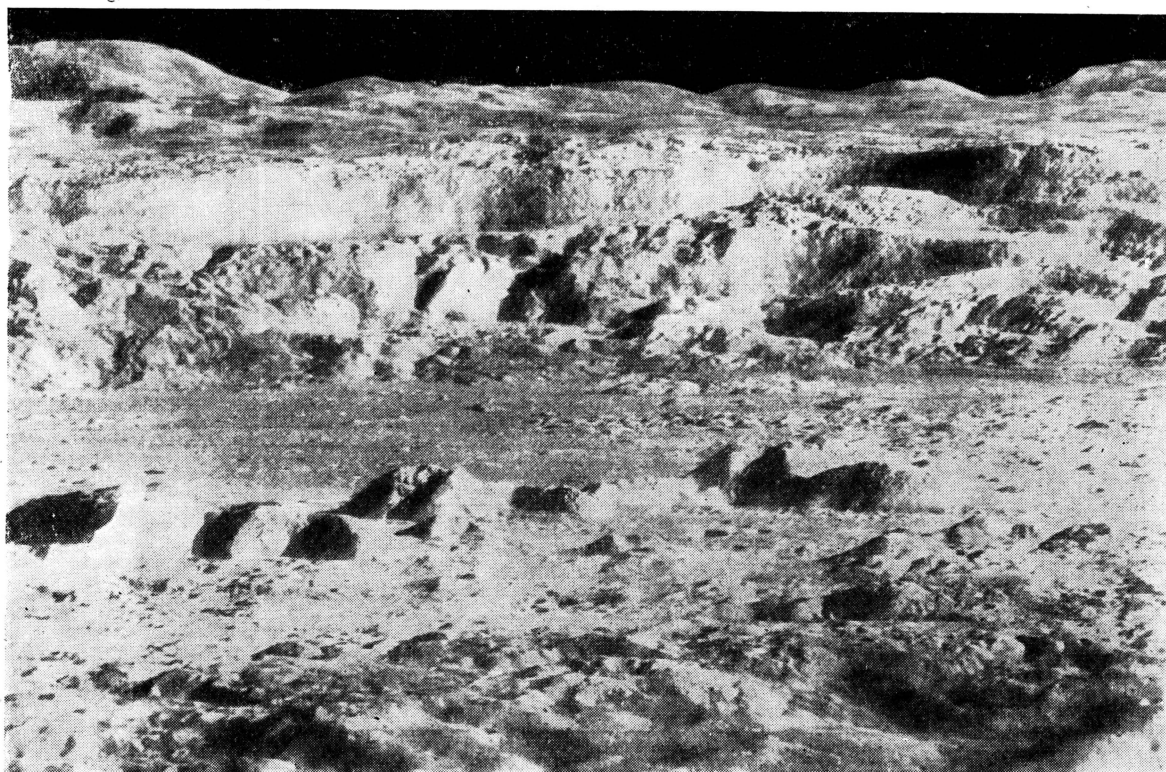
До последних десятилетий XIX в. единственным способом выйти в Космос, преодолев земное притяжение, считался выстрел из какой-то грандиозной пушки. Жюль Верн, предсказавший многие дальнейшие успехи науки, пренебрегая элементарными законами тяготения, описал в повести «Из пушки на Луну» космическое путешествие с пассажирами, сидящими внутри огромного ядра. Другой талантливый писатель-фантаст Г. Уэллс, понимая безрассудство подобных выстрелов, в повести «Первые люди на Луне» высказал фантастическую идею о применении экранов, поглощающих силу тяготения.

Первый реальный шаг в развитии космонавтики был сделан Н. И. Кибальчицем в 1881 г., который незадолго до казни, находясь в заточении в Петропавловской крепости, изложил технически вполне правильную идею о летательном аппарате, построенном по принципу ракеты. Детально и систематически ракетный метод движения был разработан К. Э. Циолковским в ряде его работ, печатавшихся вплоть до 1929 г. Заслуга К. Э. Циолковского заключается в том, что он дал не только общие идеи, но и точные количественные зависимости для расчета движения космических ракет.

В настоящее время многим хорошо изве-



СНИМОК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, полученный «Космосом-144». Видны река Нил и Красное море



СНИМОК ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЛУННОГО КРАТЕРА КОПЕРНИК, полученный «Лунар Орбитером-2»

стна знаменитая формула Циолковского для скорости движения ракеты:

$$V = v \ln \frac{M_0}{M_t} = 2,3v \lg \frac{M_0}{M_t},$$

где V — скорость движения ракеты, v — скорость истечения вещества из сопла ракеты, M_0 — ее первоначальная масса, M_t — масса, оставшаяся к моменту времени t . Отсюда, например, видно: если ракета выбросила 0,9 своей исходной массы, то приобретенная ею скорость движения составит 2,3 v . Однако нарастание скорости ракеты будет происходить очень медленно. При потере 0,99 первоначальной массы скорость V составит всего лишь 4,6 v — и это будет почти пределом возможного. Поэтому рациональная конструкция ракеты должна предусматривать мощный выброс газа из сопла с максимально возможной скоростью v , а также механизм отделения частей ракеты, ставших уже ненужными. Отсюда следует обоснованная также Циолковским необходимость создания многоступенчатых ракет, которые без слиш-

ком больших ускорений, трудно переносимых пассажирами, позволяли бы вывести на заданную траекторию космический аппарат с пассажирами и исследовательскими приборами на борту.

Основные отличия ракеты от обычного запускаемого снаряда, таким образом, заключены в следующем:

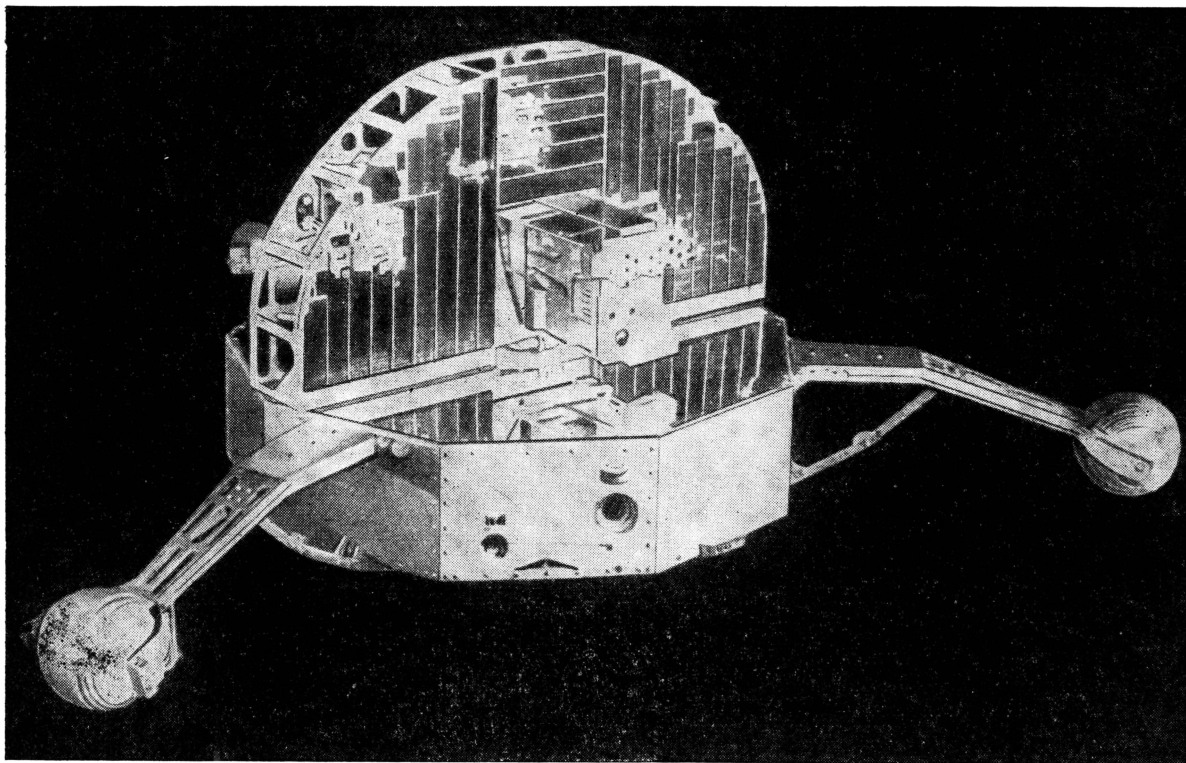
1. Снаряд не может лететь быстрее скорости расширения газов в стволе орудия. Ракета, напротив, может получить скорость в несколько раз большую;
2. Снаряд сразу получает разгон при движении в стволе, а далее летит, теряя свою скорость. Ракета сначала движется с небольшой скоростью, которая постепенно увеличивается;
3. Снаряд при сгорании пороха сразу получает огромное ускорение, переходя от покоя к движению с очень большой скоростью. В ракете реакция выброса газов из сопла передается всей массе сравнительно медленно и постепенно. В снаряд нельзя помещать

живые существа, не переносящие огромных ускорений, а в ракету — можно. Вместе с тем, с точки зрения эффективности работы двигателя и для ракеты выгоднее иметь на этапе выведения на орбиту возможно более высокие ускорения, чтобы легче преодолеть земное притяжение.

Таким образом, ракетные двигатели представляют единственно удобную возможность свободно перемещаться в пространстве, преодолевая гравитационное поле, и поэтому именно они получили широкое применение в исследовании Космоса. В 1903 г. К. Э. Циолковский опубликовал «Исследование мировых пространств ракетными приборами», в котором изложил теорию движения ракеты с учетом изменения ее массы и возможные пути наиболее рационального применения ракет для космических полетов. За этим трудом последовал ряд других его работ, связанных с освоением Космоса. В 1929 г. в книге «Космические ракетные поезда» К. Э. Циолковский дал теорию движения многоступенчатых ракет. Эти труды

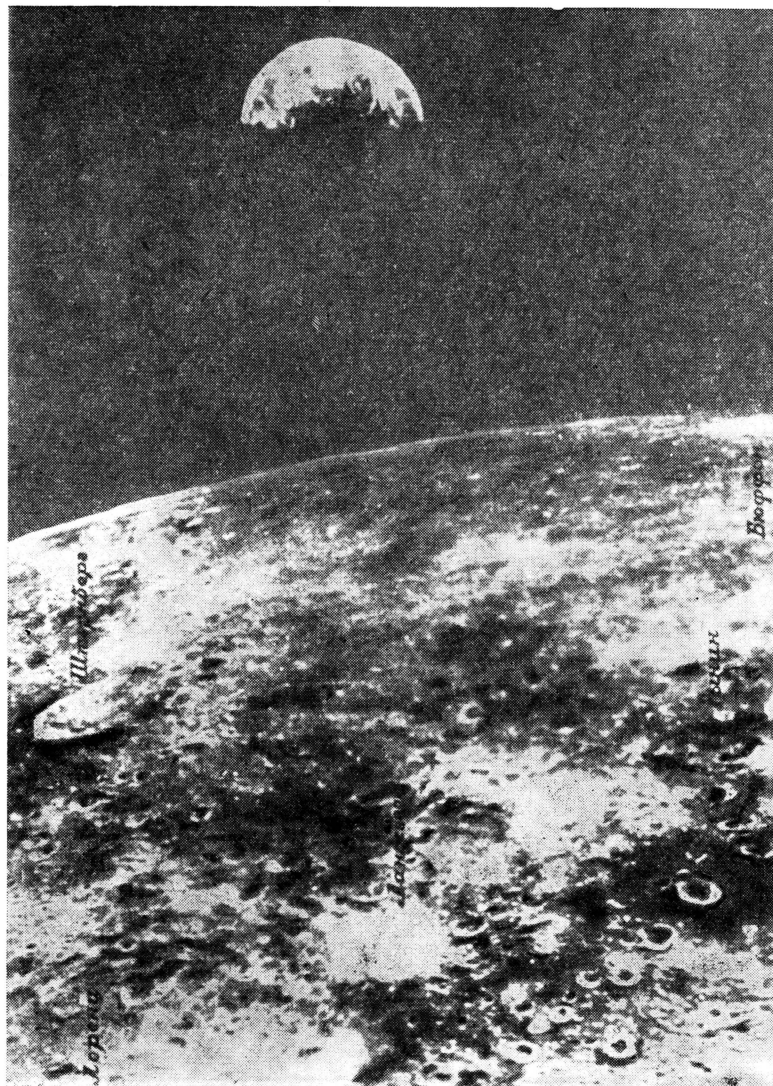
имели очень большое научное и практическое значение и были высоко оценены Советской властью.

Отметим, что в 1915 г. Я. И. Перельман очень талантливо изложил в популярной форме идеи Циолковского, а в 1928—1932 гг. И. А. Рынин опубликовал в девяти выпусках материалы, посвященные межпланетным сообщениям, теории и технике реактивного движения, космическим полетам. В 1929 г. была издана работа Ю. А. Кондратьева «Завоевание межпланетных пространств». В том же 1929 г. в Ленинграде была организована и начала экспериментальную разработку электрических и жидкостных ракетных двигателей первая опытно-конструкторская группа, работавшая в составе Газодинамической лаборатории (ГДЛ). В 1931 г. была организована секция реактивных двигателей (ГИРД) при Центральном совете Осоавиахима. Современное состояние техники и научных достижений в исследовании Космоса с 1957 (дата запуска первого искусственного спутника Земли) по 1967 г. в СССР



ОРБИТАЛЬНАЯ СОЛНЕЧНАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ, обращающаяся вокруг Земли на высоте 500 км

*СНИМОК ЗЕМЛИ НАД ЛУНОЙ,
полученный «Зондом-6»*

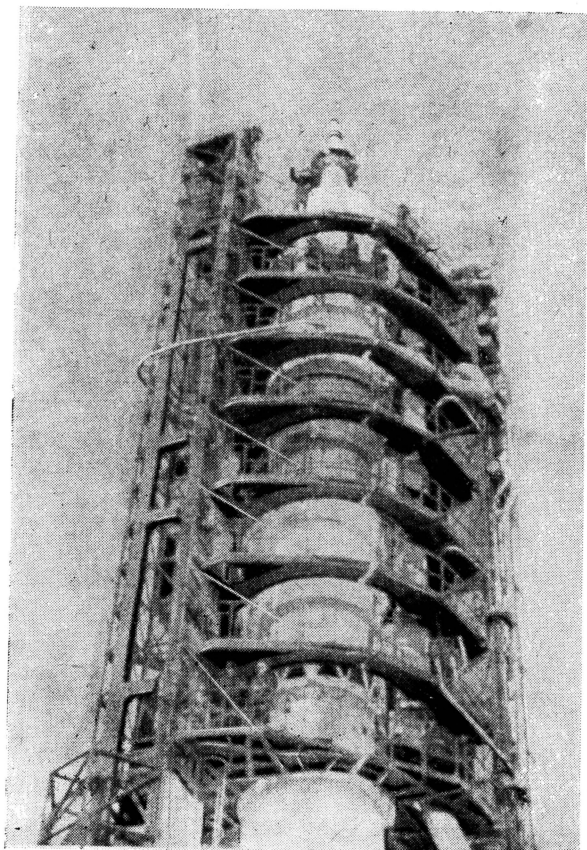


подробно изложено в большом издании Института истории естествознания и техники АН СССР (1968 г.). Здесь также отмечено, что современные ракеты, запускаемые в Космос, достигли огромных размеров при высоком техническом совершенстве. Как известно, американская ракета «Сатурн-5», совершившая полет вокруг Луны с тремя космонавтами в кабине «Аполлон-8», имела длину 110 м и весила 2800 т. Сама же кабина, в которой помещались космонавты, имела форму конуса высотой 3,65 м с диаметром основания 3,90 м. Корпус кабины был изготовлен из неокисляемой стали и покрыт особым теплоизоляционным слоем, предохраняющим от

значительного нагрева во время прохождения через атмосферу.

ЧТО И КАК ЧЕЛОВЕК ИЩЕТ ВО ВСЕЛЕННОЙ?

Кратко остановимся на научных аспектах программы космических исследований. Астрономы, находящиеся на земной поверхности, окружены плотной и протяженной оболочкой атмосферы, которая не только значительно ухудшает видимость наблюдаемого объекта, но, главное, пропускает излу-



СТАРТОВАЯ БАШНЯ космического корабля «Союз-4»

чение в очень узком оптическом и несколько более широком радио-диапазонах. Лишь на высоте около 40 км делается доступной радиация инфракрасной области спектра, а для того чтобы наблюдать в далеком ультрафиолете или регистрировать рентгеновские или гамма-лучи, нужно подняться на высоту свыше 100 км (т. е. фактически выйти за пределы плотных слоев атмосферы).

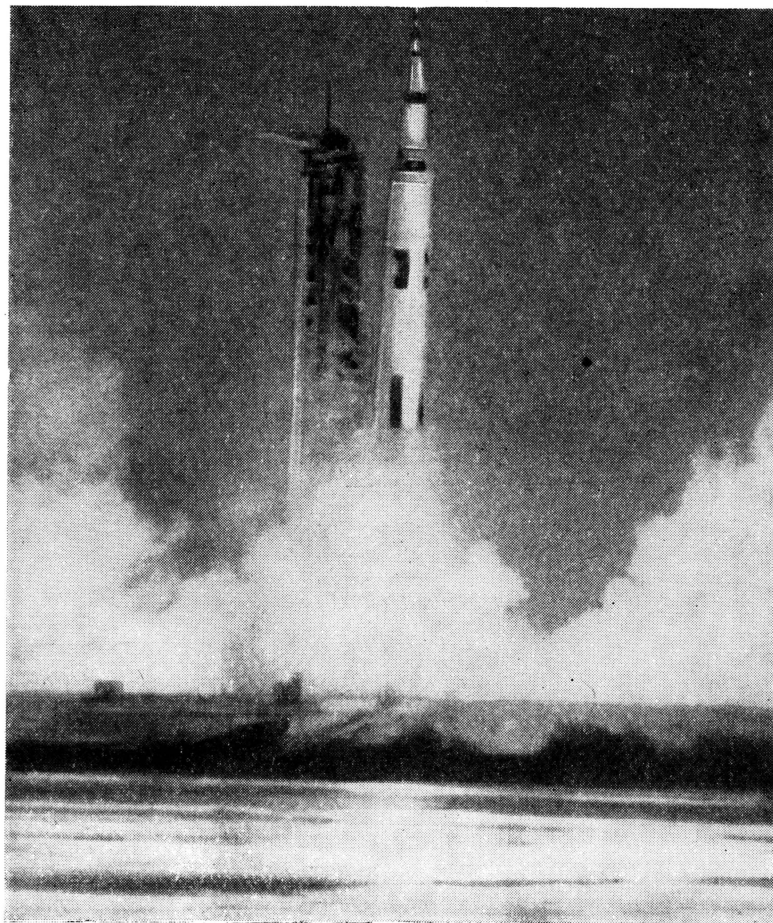
В настоящее время поставлена и с успехом решается задача создания орбитальных астрономических станций (ОАС), снабженных различными телескопами и приборами. Подобные станции создают и запускают в СССР и США. Так, например, под руководством Фр. Уиппла была сконструирована обсерватория-спутник, снабженная четырьмя телескопами (12,5 дюймов), позволяющими проводить фотографирование звезд до 12-й величины в ультрафиолетовых лучах (от 1000 до 3400 Å). Эта обсерватория была запущена в конце 1968 г. и успешно функционировала длительное время.

Очень интересно также проводить наблюдения в инфракрасном участке спектра. Инфракрасное излучение может приходить к нам, например, от вновь образующихся звезд. Таких звезд, по-видимому, очень много в известной туманности Ориона.

Как известно, наши сведения о Вселенной значительно расширились и продолжают расширяться после того, как была получена первая информация в радиодиапазоне. Нет никакого сомнения в том, что возможность вести наблюдения во всех диапазонах длин волн позволит близко подойти к решению ряда основных проблем мироздания, в частности, следить за возникновением и развитием звезд и огромных космических систем. Вместе с тем, наблюдения, проводимые с борта орбитальных астрономических обсерваторий, будут иметь большое значение и для изучения нашей солнечной системы — Солнца, планет и Земли.

Уже теперь метеорологические спутники позволяют получать исключительно важную с точки зрения прогнозирования погоды

*ЗАПУСК РАКЕТЫ «САТУРН» с
космическим кораблем «Апол-
лон-9»*



метеорологическую информацию, а геодезические спутники помогают определять с большой точностью геодезические координаты, развивать существующие представления о размерах и форме Земли, с помощью спутников открыта магнитосфера Земли, радиационные пояса и т. д.

Физические свойства Солнца уже теперь успешно исследуются в ультрафиолетовых и рентгеновских лучах с помощью ракет и спутников. Имеется также проект запуска ракеты, которая могла бы примерно через год перейти на сторону Солнца, противоположную Земле, и посылать модулированные радиосигналы через солнечную корону. Аналогичный эксперимент был уже осуществлен «Маринером-4» в 1965 г. при исследовании атмосферы Марса. Таким образом, предполагается получить новые данные относительно космических лучей и магнитных полей в соответствующих областях солнечной короны и приблизиться к пониманию ее физической природы.

Далее, со специальной орбитальной солнечной обсерватории можно, согласно проекту Н. Гесса, детально исследовать магнитосферу Земли (интенсивность потока и энергетический спектр частиц, характер их движения, влияние на земную атмосферу, взаимосвязь с солнечным ветром) и исследовать солнечный ветер вблизи производящего его источника. Можно предполагать, что в ходе космических исследований будут изучены и свойства околоземного пылевого облака, подлинная природа противосияния — таинственного овального пятна в стороне, противоположной Солнцу, а также природа частиц, входящих в состав огромного космического облака, производящего явление зодиакального света.

Еще большее научное значение имеет непосредственная высадка космонавтов на Луну и планеты солнечной системы, а также исследование поверхностей этих небесных тел и термических особенностей их грунта на разных глубинах. До сих пор еще не решен во-

тов на борт командного отсека. По мнению американских специалистов, в ходе этой проверки Стаффорд и Сернану удалось выявить практически все «аномалии», способные помешать лунному отсеку «Аполлона-11» благополучно совершить посадку на Луну и затем стартовать с лунной поверхности. В частности, им удалось установить причины

опасного беспорядочного вращения кабины в момент отделения от нее двигателя ступени подъема, а также частых перебоев в связи между Землей и лунной кабиной. Помимо этого они смогли отработать систему навигации лунного отсека в районе Луны с учетом влияний, оказываемых на траекторию его полета масконами — концентрациями

масс в некоторых районах Луны — и грушевидной формой нашего ночного светила. Экипаж «Аполлона-10» не учел этих влияний, поэтому при снижении в районе посадки «Аполлона-11» Стаффорд и Сернан «проскочили» посадочную площадку с отклонением на 6,4 км.

В. В. МИХАЙЛОВ

ПЕРВЫЙ ЛАУРЕАТ ЗОЛОТОЙ МЕДАЛИ имени Ю. А. ГАГАРИНА

Юрий Алексеевич Гагарин — это дорогое и близкое каждому человеку нашей планеты имя навсегда останется в истории человечества как символ мужества, героизма и великого подвига XX в.

12 апреля 1961 г. на космическом корабле «Восток» он первый устремился в неизведанные просторы Вселенной, положив начало полетам человека в Космос.

Учитывая исключительно большие заслуги летчика-космонавта СССР Ю. А. Гагарина перед всем человечеством, 61-я Генеральная конференция Международной авиационной федерации (ФАИ), проходившая в Лондоне в ноябре 1968 г., единодушно приняла

решение об утверждении Золотой медали в честь первого космонавта. Автор этой медали — советский художник Леонид Иванович Есиков.

Золотая медаль имени Ю. А. Гагарина присуждается ежегодно по решению Совета ФАИ летчикам-космонавтам за наивысшие результаты в освоении космического пространства в мирных целях.

Первым лауреатом Золотой медали имени Ю. А. Гагарина стал командир космического корабля «Союз-3», летчик-космонавт СССР Г. Т. Береговой, который 26—30 октября 1968 г. осуществил четырехсуточный полет по орбите вокруг Земли и выполнил

ряд научно-технических исследований и экспериментов, имеющих большое научно-техническое значение.

Решение о присуждении Золотой медали имени Ю. А. Гагарина советскому космонавту, дважды Герою Советского Союза Георгию Тимофеевичу Береговому было принято Советом Международной авиационной федерации на заседании, состоявшемся в Париже 30 апреля 1969 г.

Золотая медаль имени Ю. А. Гагарина — это вторая Золотая медаль Международной авиационной федерации.

Первой Золотой медали «Космос» были ранее удостоены советские космонавты В. В. Терешкова, П. Р. Попович, А. Г. Николаев, В. М. Комаров, К. П. Феоктистов, Б. Б. Егоров, А. А. Леонов. В 1969 г. Золотая медаль «Космос» присуждена американскому космонавту, командиру космического корабля «Аполлон-8» Ф. Борману.

Автор этой заметки был руководителем советской делегации Федерации авиационного спорта. Наша делегация, в частности, принимала участие в работе Астронавтической комиссии и Комиссии по авиационному и космическому образованию ФАИ, где были приняты положения о ежегодном праздновании во всех странах 12 апреля — Всемирного дня авиации и космонавтики, о проведении среди молодежи конкурсов по рефератам на авиационную и космическую тематику, о регистрации рекордных достижений пилотируемых космических летательных аппаратов.

И. Г. БОРИСЕНКО
ответственный секретарь
Комиссии спортивно-технических проблем космонавтики ФАИ СССР



«ПОЧЕМУ»

Продолжая био-геофизические аналогии, мы приближаемся к обсуждению возможностей метода, сравнимых с возможностями человека, обладающего нормальным зрением. В его распоряжении, кроме дискриминирующих факторов интенсивности и частоты — силы света и цвета, оказывается еще фактор направленности. Именно этот фактор вместе с предыдущими позволяет различать детали картины красочного мира вокруг нас, обеспечивает резкость, ясность зрения. Это — результат ввода в действие группового приема колебаний (мозаика сетчатки глаза) при достаточно малой длине волны. Если же длина волны гораздо больше, чем протяженность группы-мозаики, то направленности не получится: мозаика будет действовать, как одна точка, и мы возвратимся к прежнему «безрезкостному» типу восприятия окружающего.

Возможностью группового излучения и приема колебаний располагают геофизики-электромагнитчики и сейсмологи (хотя далеко не всегда ею пользуются), в частности, если приходится иметь дело с большими длинами волн.

Интересно, что в геофизике методы «нормального зрения» вообще используются мало. Обычно сразу делается дальнейший скачок к сверхзрению типа радара. С другой стороны, в биологии зрение остановилось на этапе именно «нормального зрения» и дальше не пошло. Есть только сверхслух, как у летучих мышей, дельфинов и у некоторых других, особенно морских, животных. Сильно разрешающие короткие ультразвуковые импульсы, излучаемые и принимаемые специальными органами этих животных, позволяют им ориентироваться в полной темноте не хуже, чем это возможно на свету с помощью нормального зрения. Недавно врачи вместе с физиками стали разрабатывать аналогичные слуховые устройства для эффективной замены зрения слепым.

Окончание. Начало см. «Земля и Вселенная», № 4, 1969 г.

Можно себе представить, насколько возросло бы богатство нашего восприятия окружающего мира, если бы обычный человеческий глаз стал сверхглазом, получил дополнительную возможность непосредственно ощущать расстояния до всех видимых предметов, зрительно осязывать их! Бинокулярное зрение, которым мы так привыкли пользоваться, только частично, на малых расстояниях, компенсирует этот наш природный недостаток — отсутствие глубинного зрения, так же как стереотруба в навигации является жалкой заменой радара. Академик С. И. Вавилов в своей знаменитой книге «Глаз и Солнце» мудро заметил, что причина этого недостатка глаза человека и животных коренится не в недостаточной изобретательности природы при конструировании зрительных органов земных существ, а в более общем положении — в стационарности светового поля Солнца и вообще всех звезд. Обладая наш глаз дискриминатором времени, как в радаре, мы могли бы использовать этот дискриминатор лишь при освещении вспышками лазеров. Если бы звезды вдруг стали лазерами, то быть может и в самой природе через какой-нибудь миллион лет случайно возник бы, а затем укоренился орган радарного типа.

Однако вернемся к геофизике. Итак, и электромагнитные, и сейсмические методы располагают принципиальной возможностью применять наилучшую из известных ныне радарную технику локализации деталей окружающей среды — технику, включающую использование всех перечисленных дискриминаторов: интенсивности, частоты, направленности и времени. Этим они выгодно отличаются от всех других геофизических методов. К методам, бедным дискриминаторами, относятся и те, о которых мы подробно не говорили: термические и радиометрические. Разре-

СЕЙСМОЛОГИЯ?»

Ю. В. РИЗНИЧЕНКО
член-корреспондент АН СССР

шающая способность их, по крайней мере для больших глубин, очень мала.

Но одно дело — принципиальная возможность, а другое — возможность реальная, связанная конкретными условиями. Попробуем сопоставить — конечно, лишь в самых общих чертах — относительные реальные возможности электромагнитных методов и сейсмоки для детального исследования земных глубин.

Возможности эти сильно ограничиваются степенью прозрачности среды для электромагнитных и для упругих колебаний разной частоты. Ясно, что если бы материал Земли был просто оптически прозрачен, то мы могли бы непосредственно собственными глазами видеть подземные сокровища (мечта древних рудокопов, выраженная в народных сказках). Но ведь этого-то нет. И потому использование в геофизике электромагнитных волн световой частоты исключается.

Прозрачность земных материалов, особенно твердых горных пород, для ультразвука лучше, чем для света, и все-таки она ограничивается расстояниями, практически не превышающими десятков метров. Поэтому применение ультразвука в геофизике не выходит за пределы шахтных, скважинных и лабораторных расстояний. Речь у нас будет идти дальше об электромагнитных и звуковых колебаниях более низких частот, чем свет и ультразвук. Все же и для них проблема прозрачности не снимается.

Проблема эта противоречива. С одной стороны, возможностей изучения среды, как будто, тем больше, чем она прозрачнее. Но с другой стороны, для исследования какой-то детали нужно, чтобы она по-возможности больше контрастировала с окружающей средой, или, иными словами, чтобы она была возможно менее прозрачной в обобщенном смысле: отличалась бы от вмещающей среды, хотя бы отблескивала, имея другой коэффициент преломления.

Но вполне прозрачные детали, обнаруживаясь сами, когда они изолированы, вместе с

тем закрывают собой другие, более отдаленные детали, как говорят «экранируют» их. Если в среде имеется множество деталей, то она становится как бы мутной. Такова, например, многослойная среда, где происходят многократные отражения и преломления тех волн, с помощью которых ее исследуют. Сигнал, отраженный от искомой детали — одной из границ в такой среде, может утонуть в общем фоне мешающих колебаний, связанных с многократниками — отражениями и преломлениями от других границ. Проблема таких стабильных помех в геофизике сложнее, чем проблема нестабильных, меняющихся во времени, случайных помех — таких, например, как те, с которыми приходится бороться при сверхдальней космической радиосвязи. В радиосвязи это можно делать путем многократного повторения и сложения стабильного сигнала и нестабильных помех, когда сигнал оказывается в более выгодном положении. В неподвижной, многослойной, мутной среде Земли, где помехи стабильны, выигрыша так не добьешься. С нестабильными же помехами в геофизике борются так же, как и в радиотехнике.

Другой фактор, кроме мутности, препятствующий глубокому проникновению лучей электромагнитных или упругих волн, — это необратимые потери, уводящие энергию из данного колебательного процесса в иные виды энергии, главное — в тепло.

Вот в такой-то обстановке и получается, что чем более прозрачна среда в целом, чем менее контрастны составляющие ее слои, детали и чем меньше она поглощает, тем на большую глубину можно в нее заглянуть, тем большее общее число деталей в ней можно заметить. Увеличить возможность изучения такой среды, как Земля — значит проникнуть в нее прямым лучом на максимальную глубину.

Потери энергии прямого импульсного сигнала, связанные с эффективным поглощением, включающим как собственно

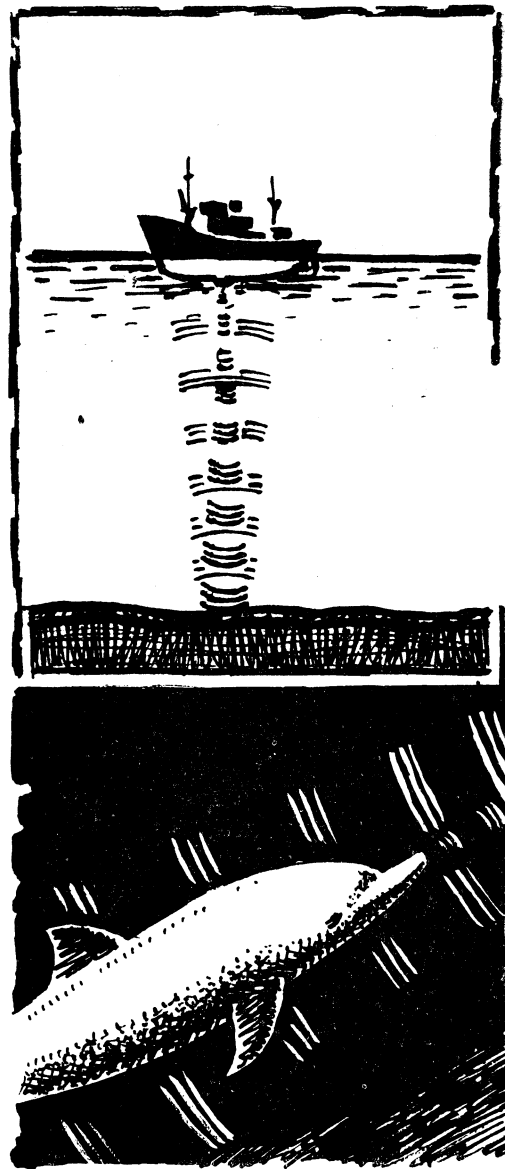
поглощение, так и рассеяние вследствие мутности, ведут к угасанию луча с расстоянием по сильному, экспоненциальному закону. На этот процесс накладывается процесс расхождения фронта волны с расстоянием, что тоже ведет к затуханию ее интенсивности. Но процесс расхождения регулируется более слабыми, степенными законами затухания, и на больших расстояниях всегда побеждает по своей значимости процесс поглощения.

Для простоты рассуждений ограничимся случаем плоских волн, когда расхождение фронта отсутствует. Тогда степень затухания сигнала с расстоянием определяется коэффициентом эффективного поглощения среды. Коэффициент поглощения на единицу пути обычно зависит от длины волны и, соответственно, от частоты: для высокочастотных колебаний среда становится менее прозрачной. Очень сильно затухают в Земле самые высокочастотные колебания: свет и ультразвук были частными примерами этого. Посмотрим теперь, как обстоит дело с затуханием в Земле электромагнитных и упругих волн более низких частот.

В горных породах электромагнитные колебания поглощаются гораздо сильнее, чем упругие колебания той же длины волны. То же касается морской воды. Поэтому высокочастотные радиолокационные методы оказываются неэффективными в подводных и подземных условиях, тогда как упругие волны — под водой гидроакустика, а под землей сейсмика — становятся хозяевами положения.

Сильное поглощение электромагнитных колебаний в земных и водных материалах связано с их хорошей электрической проводимостью, с малым электрическим сопротивлением ρ этих материалов. Для неспециалиста, может быть, это покажется парадоксальным, но это факт. В самом деле, в вакууме, где сопротивление очень велико, $\rho = \infty$, электромагнитные волны распространяются свободно; в металлах, где сопротивление ρ очень мало, эти волны затухают практически сразу же, металлические предметы их «экранируют». Земные материалы находятся в этом отношении где-то посередине.

Между прочим, поглощение сильно сказывается и на скорости распространения электромагнитных волн: в пустоте — это скорость света, в воздухе — ненамного меньше этой огромной скорости. В земных же материалах она настолько уменьшается, что начинает





приближаться к скоростям распространения упругих, сейсмических волн. Так, для осадочных пород при используемых в геофизике частотах скорость распространения электромагнитных волн порядка всего лишь нескольких километров в секунду. В связи с сильным затуханием, которое увеличивается с частотой, только не слишком высокочастотные электромагнитные волны имеют какие-то шансы на практическое использование в геофизике. Что такое «не слишком»?

Волны тех частот, которые применяются для импульсной радиолокации — электромагнитного сверхзрения — практически полностью затухают в Земле на расстояниях порядка единиц или, может быть, десятка метров. Радиоволны меньших частот, используемых в радиовещании, проникают в глубь Земли практически не более чем на десятки или, может быть, на первые сотни метров.

Для геофизических целей остаются электромагнитные колебания с частотами, начиная примерно с одного колебания в секунду и меньше. Несмотря на малую скорость распространения, длина этих волн в Земле так велика, что применение импульсов и прямое использование фактора времени для дискриминации эффектов от деталей, удаленных на разные расстояния от наблюдателя, теряют смысл. Практически исключается и возможность использования фактора направленности. Дискриминаторами остаются только интенсивность и частота, как при неполноценном, безрезкостном зрении.

Только с этими двумя дискриминаторами и приходится работать методом частотного электромагнитного зондирования или профилирования, пожалуй, наиболее перспективным из электромагнитных методов для глубинных исследований Земли. Для нужд большой геофизики в настоящее время особенно развивается метод, основанный на измерении вариаций естественного электромагнитного поля Земли, — метод магнитно-теллурического зондирования (МТЗ). Вариации эти вызываются изменениями интенсивности потока преимущественно ультрафиолетового и корпускулярного излучения Солнца при участии земной ионосферы. Используются в МТЗ вариации с периодами от нескольких секунд до нескольких минут при геофизической разведке на глубины порядка километра и до нескольких часов и даже суток — при более глубинных исследованиях земных недр.

Метод магнитно-теллурического зондирования оказывается близким по общим характеристикам и возможностям к сейсмическо-

му методу поверхностных волн. Поверхностные волны тоже быстро, экспоненциально затухают с глубиной, и тем быстрее, чем выше частота колебаний. Правда, механизм затухания упругих поверхностных волн иной, чем электромагнитных. В упругих волнах он связан не с поглощением энергии, а с приповерхностным эффектом, таким, как в случае волн на поверхности жидкости: волнение быстро затухает с глубиной. Но при наших сопоставлениях глубины проникновения разных волн причина затухания не играет роли. Важно, что результат получается такой же. С той же точки зрения не играет роли и различие в направлениях распространения фронтов электромагнитных и упругих поверхностных волн: сверху вниз — для электромагнитных и по горизонтали — для сейсмических поверхностных волн.

Аналогия этих двух методов коренится в использовании совокупности гармонических колебаний различной частоты, экспоненциально затухающих с глубиной, причем тем быстрее, чем больше частота, и в обращении с этими колебаниями как с длинноволновыми, когда дискриминаторами остаются только интенсивность и частота колебаний. Это сказывается и на единстве общего подхода к количественной интерпретации наблюдений. В частности, в обоих случаях расчеты свойств и глубин залегания слоев в Земле ведутся обычно в предположении горизонтальной слоистости.

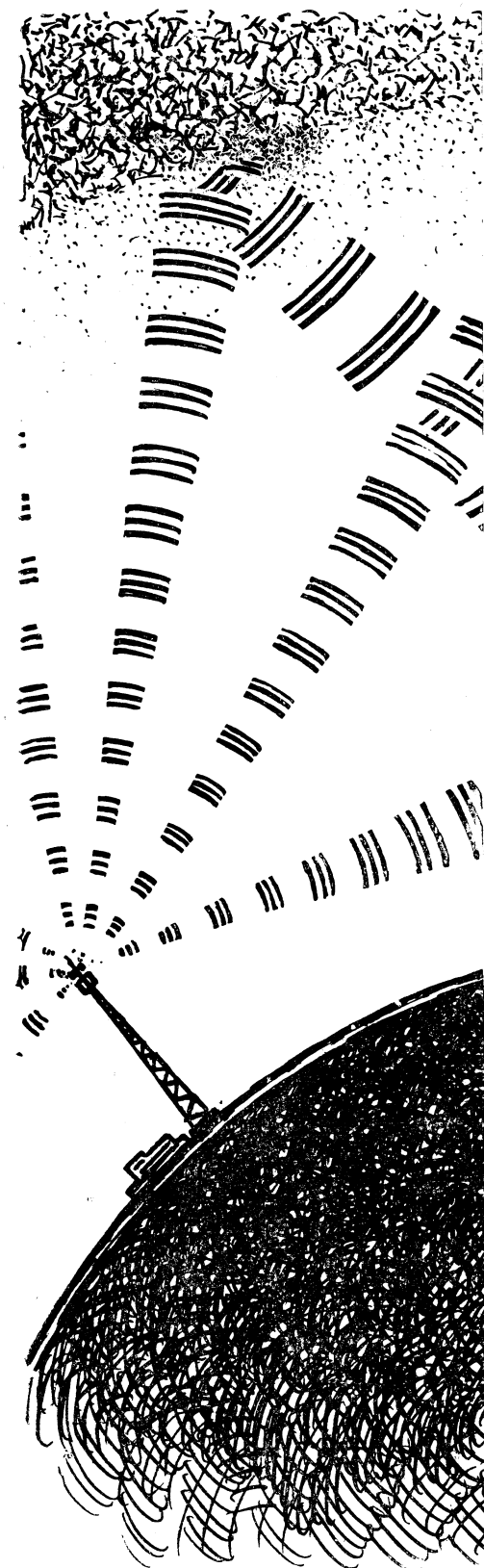
Теперь мы можем уже непосредственно перейти к сопоставлению глубинности и разрешающей способности электромагнитного метода МТЗ с сейсмическим методом поверхностных волн. Позже сопоставим МТЗ и с сейсмическим методом объемных волн.

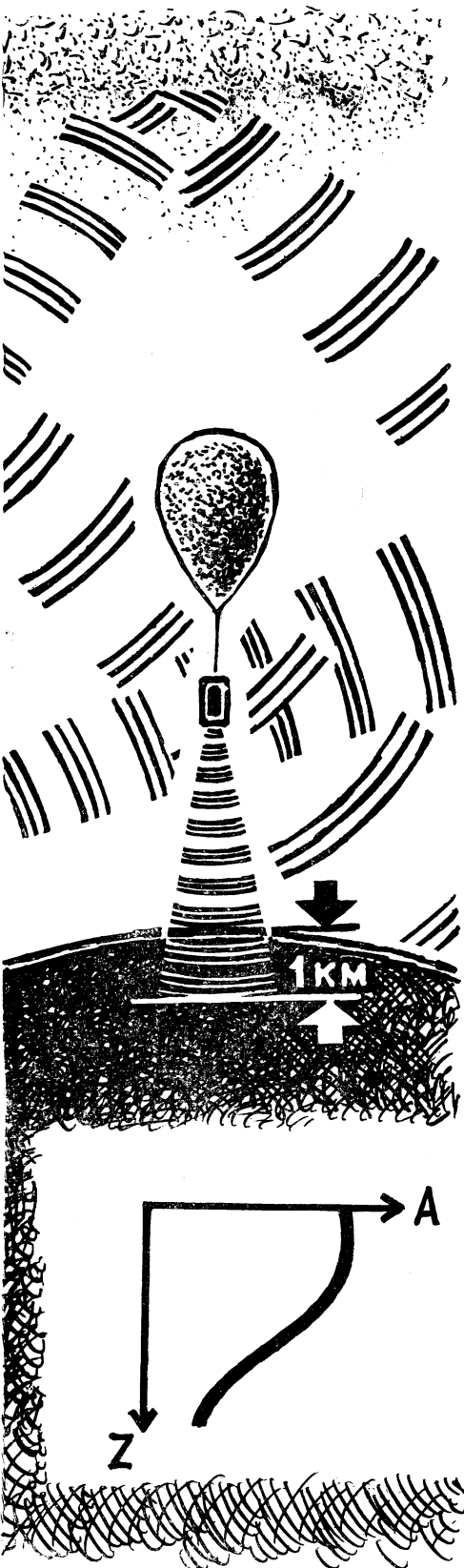
При этих сопоставлениях нам удобно будет пользоваться понятием эффективной глубины (z_e) исследования или проникновения волн — такой глубины, на которой амплитуда волны уменьшается в $e=2,7$ раза.

Длина электромагнитной волны λ (в км) в горной породе определяется формулой $\lambda = \sqrt{4\rho T}$, где ρ — удельное электрическое сопротивление в ом·м и T — период колебаний в секундах. Амплитуда же электромагнитных колебаний убывает с глубиной

по закону $A = A_0 \cdot e^{-\frac{2\pi}{\lambda} z}$, так что эффективная глубина проникновения (z_e) составляет $z_e = \lambda/2\pi = 0,16\lambda$. Численные оценки величин λ и z_e , рассчитанные по этим формулам, приведены в таблице 1.

Эти значения эффективных глубин z_e имеют только ориентировочный смысл, хотя бы уже по одному тому, что толщина слоя осадочных пород на Зем-





Т а б л и ц а

ПРОНИКНОВЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
КОЛЕБАНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ПЕРИОДОВ
В ОСАДОЧНЫЕ И КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Период колебаний, T	Осадочные породы, $\rho = 10 \text{ ом}\cdot\text{м}$		Кристаллические по- роды, $\rho = 1000 \text{ ом}\cdot\text{м}$	
	λ , км	z_0 , км	λ , км	z_0 , км
1 секунда	10	2	100	20
1 минута	80	10	800	100
1 час	600	100	6000	1000

ле обычно не превышает нескольких километров и лишь в отдельных локальных областях достигает 10 км, а местами даже 20 км. Глубже находятся кристаллические породы. Все же из таблицы 1 видно, что если не минутные, то уж во всяком случае часовые электромагнитные колебания пробивают не только весь осадочный покров, но и всю земную кору толщиной 10–50 км и заметно внедряются в мантию.

Приведем аналогичные оценки для сейсмических поверхностных волн Релея. При обычном значении коэффициента Пуассона $\sigma = 0,25$ амплитуда вертикальной компоненты смещения в этих волнах выражается формулой:

$$A = \frac{A_0}{0,7320} \left(1,7320 \cdot e^{-0,3933 \frac{2\pi}{\lambda} z} - e^{-0,8475 \frac{2\pi}{\lambda} z} \right)$$

Отсюда можно найти, что амплитуда затухает в $e = 2,7$ раза ($A/A_0 = 1/e$) на глубине $z_0 = 0,7\lambda$. С другой стороны, длина волны λ связана со скоростью ее распространения V_R и с периодом T известной зависимостью $\lambda = V_R T$. В результате расчетов получим таблицу 2.

Т а б л и ц а 2

ПРОНИКНОВЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН РАЗНЫХ ПЕРИОДОВ
В ОСАДОЧНЫЕ И КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Период колебаний, T	Осадочные породы, $V_R = 1,5 \text{ км/сек}$		Кристаллические по- роды, $V_R = 3 \text{ км/сек}$	
	λ , км	z_0 , км	λ , км	z_0 , км
10 секунд	15	10	30	20
1 минута	90	60	180	100
10 минут	900	600	1800	1000

Из этих ориентировочных значений глубин z_0 видно, что сейсмические поверхностные волны пробивают земную кору и заметно внедряются в мантию, если они имеют периоды порядка минуты и больше.

Сопоставление таблиц 1 и 2 приводит, таким образом, к выводу, что электромагнитные волны с периодами порядка часов или суток и сейсмические поверхностные волны с периодом порядка десятка минут проникают на одинаковую глубину. Это различие периодов, однако, еще не может быть непосредственно использовано для сравнения разрешающей способности методов. Для этого необходимо сравнивать длины волн при одной и той же глубине исследования.

Показателем разрешающей способности может служить число длин волн λ , укладываемых в величине эффективной глубины проникновения z_0 . Чем больше z_0/λ , тем больше разрешающая способность метода. Как показали расчеты, для электромагнитных волн это отношение составляет 0,16; для поверхностных сейсмических волн — 0,7. Следовательно, с этой точки зрения, сейсмические волны дают раз в 5 большую разрешающую способность, чем электромагнитные. Это — ощутимое, но не подавляющее превосходство. Вероятно, иногда оно может компенсироваться рядом других обстоятельств, которые мы не принимали во внимание при данном, очень схематическом, подходе к сопоставлению разрешающих способностей методов.

Гораздо большие преимущества перед электромагнитными волнами обнаруживают при том же подходе объемные сейсмические волны — продольные и поперечные. Приведем и для них расчеты, аналогичные предыдущим.

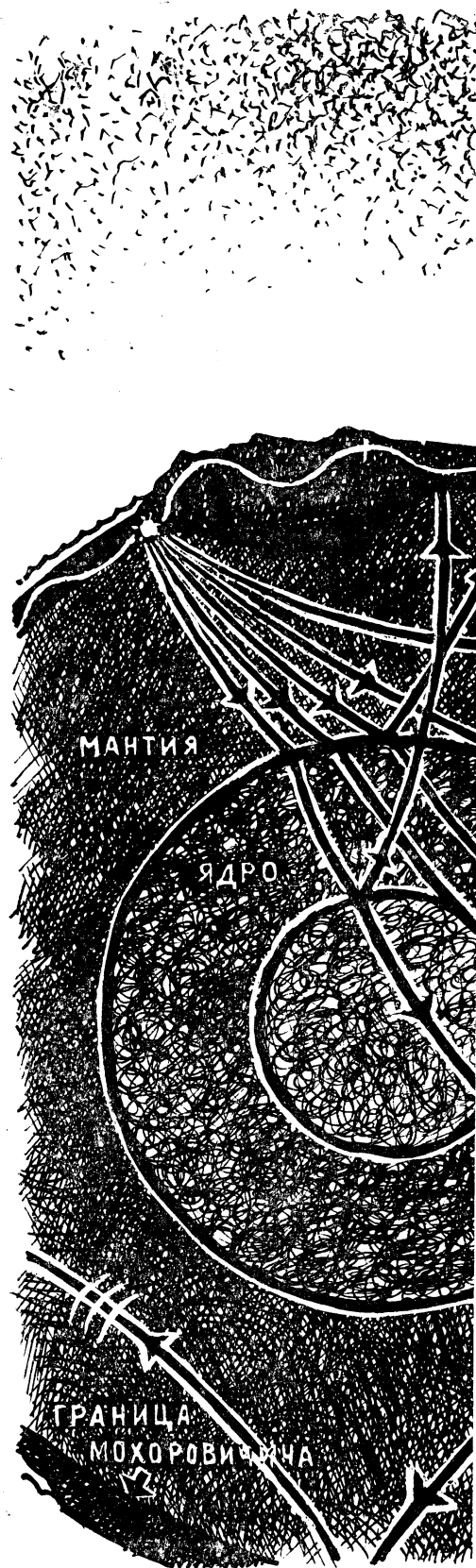
Из опыта работ по глубинному сейсмическому зондированию в СССР известно, что эффективный декремент поглощения δ на длину волны λ для осадочных пород имеет порядок 10^{-1} , для кристаллических пород 10^{-2} и для материала мантии 10^{-3} . Декремент δ входит в формулу для амплитуды колебаний $A = A_0 e^{-\frac{\delta z}{\lambda}}$, так что $z_0 = \lambda/\delta$. Примем следующие ориентировочные значения скоростей распространения V_P продольных P сейсмических волн: в осадочных породах $V_P = 3$ км/сек, в кристаллических 6 км/сек, в материале мантии 8 км/сек. Тогда получим следующую таблицу.

Т а б л и ц а 3

ПРОНИКНОВЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН РАЗНЫХ ПЕРИОДОВ В ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ, КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ И В МАТЕРИАЛ МАНТИИ

Период колебаний, T	Осадочные породы, $V_P = 3$ км/сек		Кристаллические породы, $V_P = 6$ км/сек		Мантия, $V_P = 8$ км/сек	
	λ , км	z_0 , км	λ , км	z_0 , км	λ , км	z_0 , км
0,1 секунды	0,3	3	0,6	60	0,8	800
1 секунда	3	30	6	600	8	8000
10 секунд	30	300	60	6000	80	80000

Из этой таблицы видно, что продольные сейсмические волны с периодом 1 секунда эффективно проходят ($z_0 = 30$ км) сквозь любую толщу осадков, а в кристаллических породах волны с периодом 0,1 секунды и тем более 1 секунда проходят сквозь всю земную кору. В материале же мантии волны с периодом 1 секунда и тем более 10 секунд способны проходить через тело всей Земли насквозь. Заметим,





что Земле в целом в случае сейсмических поверхностных волн соответствуют колебания с периодами порядка десятков минут, а для электромагнитных — порядка суток.

Показатель разрешающей способности метода $z_0/\lambda = 1/\delta$ для продольных сейсмических волн составляет, согласно принятым значениям декремента поглощения δ , для осадочных пород $z_0/\lambda = 10$, для кристаллических — 100, для материала мантии — 1000.

По сравнению с сейсмическими поверхностными волнами в осадках это дает для сейсмических продольных волн разрешающую способность больше в $10/0,7=15$ раз, в кристаллических породах в 150 раз, в материале мантии в 1500 раз. По сравнению с электромагнитными волнами МТЗ сейсмические продольные волны обладают большей разрешающей способностью: для осадков в $10/0,16=60$ раз, для кристаллических пород в 600 раз, для пород мантии в 6000 раз. И это уж поистине подавляющее преимущество!

У сейсмических поперечных волн в твердых породах примерно такой же декремент поглощения, как и у продольных. Поэтому при данном подходе для них получится почти такое же преимущество в разрешающей способности перед сейсмическими поверхностными и перед электромагнитными волнами МТЗ, как и для сейсмических продольных волн, а именно, смотря по обстоятельствам, в десятки, сотни и в тысячи раз.

Продольные сейсмические волны все же оказываются в несколько лучших условиях, чем поперечные, так как отличаются большей скоростью распространения. Приходя первыми, продольные волны от импульсного источника попадают в область, менее засоренную мешающими колебаниями, которые характеризуются обычно меньшими скоростями распространения.

Итак, в соревновании по разрешающей способности сейсмические методы, основанные на наблюдении объемных волн, оставляют все другие геофизические методы далеко позади. Как мы видели, при одной и той же глубинности исследования объемные сейсмические волны могут иметь практической наименьшую длину. Это же, в свою очередь, позволяет пользоваться в сейсмике объемных волн наиболее совершенной, импульсной методикой радарного типа — «упругим сверхзрением», где используются все известные нам дискриминаторы: интенсивность, частота, направленность и время. А это дает возможность обнаружить в Земле наиболее тонкие детали ее строения,

изучать их с наибольшей точностью и надежностью.

Подведем окончательный итог.

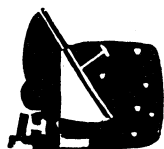
Оказывается, что в изучении внутреннего строения Земли со все большей детальностью сейсмические методы, точнее, методы, основанные на наблюдении объемных сейсмических волн — продольных и поперечных — обладают наибольшими возможностями, что вытекает из самой физической сущности явлений. Это по праву ставит сейсмику в несколько привилегированное положение по сравнению с другими геофизическими методами, делает ее первой среди равных.

Конечно, это не означает, что сейсмика может заменить другие главные физические методы изучения Земли: гравитационный, магнитный, электрический, электромагнитный, термический, ядерный. Каждый из них необходим и каждому найдется в общем деле свое место. Но большая, по сравнению с другими методами, разрешающая способность

сейсмики создает ей особое положение опорного метода геофизики. Все количественные заключения других методов о строении недр Земли приходится согласовывать с теми, которые получает сейсмика. Согласование — процесс взаимный. Но важно то, что в этом процессе сейсмическим данным в соответствии с их большей точностью и надежностью должен придаваться больший вес.

Поскольку сообщество геофизических методов должно руководствоваться в своей деятельности принципом не конкурентной борьбы, а мирного сосуществования и взаимопомощи, то от указанных физических преимуществ сейсмических методов выигрывают в конце концов все геофизические методы.

Геофизические методы, все вместе, с сейсмикой во главе — это огромная сила в разностороннем познании строения недр нашей планеты, во все большем их подчинении уму и нуждам человека.



ПУЛЬСАРЫ ВЫБРАСЫВАЮТСЯ ИЗ ГАЛАКТИКИ?

Замечено, что у пульсаров периоды повторения импульсов излучения медленно растут. Член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский предложил следующую гипотезу для объяснения этого эффекта.

Если пульсары движутся в Галактике с большими скоростями в любых направлениях относительно Солнца, то радиальные составляющие их скоростей всегда будут увеличиваться со временем. А в результате, согласно эффекту Доплера, будут расти периоды. Большую скорость пульсары могут получить при своем образовании. Весьма вероятно, что пульсары — остатки взрывов Сверхновых звезд. Из-за несимметричности сброса оболочки при взрыве Сверхновой пульсары, в силу закона сохранения количества движения, могут приобрести скорости порядка нескольких тысяч километров в секунду.

Распределение известных пульсаров на небесной сфере также говорит в пользу этой гипотезы: в полусфере, где находится галактический центр, пульсары сильно концентрируются к плоскости Галактики — наиболее вероятному месту образования Сверхновых, а в противоположной полусфере пульсары распределены приблизительно равномерно. Измерение собственных движений пульсаров позволит проверить гипотезу И. С. Шкловского.

«Астрономический циркуляр»,
494, 1969.

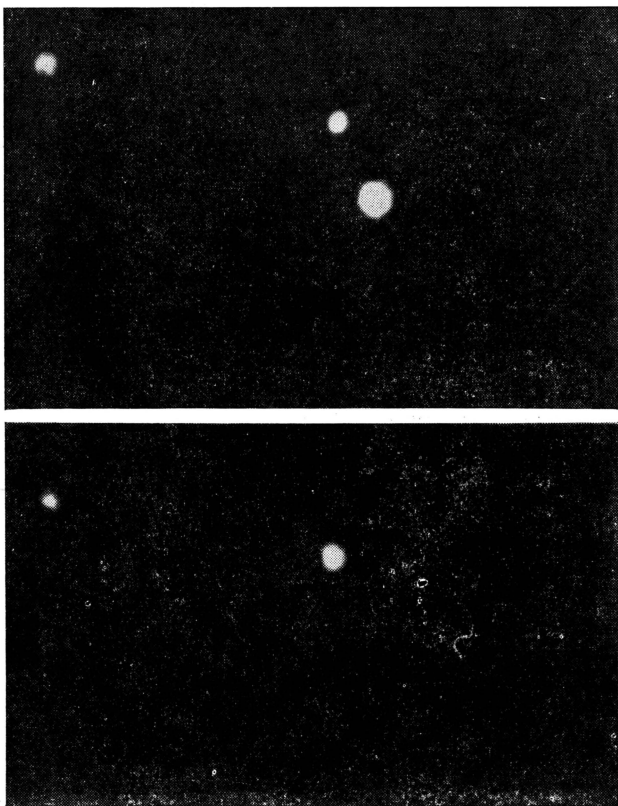
ПУЛЬСАР В КРАБОВИДНОЙ ТУМАННОСТИ

Знаменитая Крабовидная туманность — остаток Сверхновой 1054 года — вновь преподнесла астрономам сюрприз. Удивительная волокнистая структура, мощное радиоизлучение, компактный радиоисточник в длинноволновой области спектра, рентгеновский источник, источник гамма-квантов сверхвысоких энергий и, наконец, два пульсара, открытых в ноябре 1968 г. —

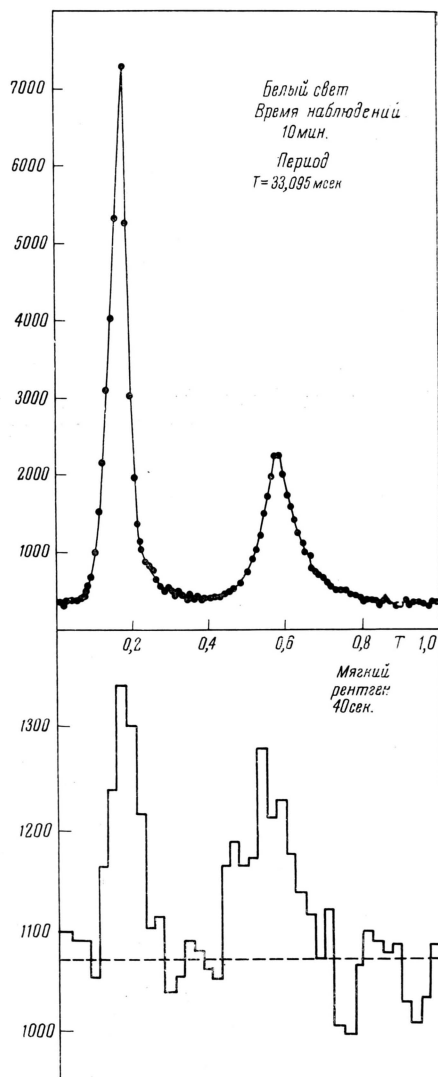
таков «послужной список» этого объекта. Но и это еще не все.

Мы уже рассказывали (см. «Земля и Вселенная», № 3, 1969 г., стр. 11), что обнаружены короткие световые импульсы от пульсара NP 0532, расположенного в самом центре Крабовидной туманности. Это открытие было сделано одновременно (в течение нескольких дней!) четырьмя группами наблюдателей. Это тем более интересно, что поиски импульсного излучения в оптической области спектра от других пульсаров не привели к положительным результатам. Более того, на месте остальных известных пульсаров до сих пор не найдено оптических объектов.

Новые неожиданные данные сообщены в журнале «Science» (164, 3880, 1969). Сотрудники Центра космических исследований имени Халберта Морской исследовательской лаборатории (США) при наблюдении пульсара NP 0532 заметили импульсы мягкого рентгеновского излучения с энергией квантов от 1 до 13 кэв. Эти наблюдения проводились на ракете 13 марта 1969 г. Другая группа американских исследователей, анализируя свои старые наблюдения за 1967 г., также обнаружила им-



ФОТОГРАФИИ ПУЛЬСАРА NP 0532, полученные 15 марта 1969 г. Д. Миллером и Э. Вамплером на 3-метровом телескопе Ликской обсерватории (США). В качестве накопительной системы использовалась телевизионная камера, перед которой для уменьшения фона неба вращался щелевой коллиматор. На верхнем снимке — пульсар вблизи максимума светимости, на нижнем — в минимуме. Блеск пульсара на нижнем снимке почти в 50 раз меньше, чем на верхнем. Ближайшие к пульсару звезды расположены в центре Крабовидной туманности



пульсное излучение пульсара, но в еще более «жесткой» области. Эти наблюдения проводились на высотном аэростате. Регистрировались жесткие гамма-кванты с энергией от 35 до 120 кэв. Излучение пульсара NP 0532 в Крабовидной туманности очень слабое — всего несколько фотонов за импульс, поэтому во всех наблюдениях приходилось применять сложную технику накопления информации.

Период повторения импульсов со временем медленно увеличивается: его длительность возрастает на $36,51 \pm 0,02$ наносекунды за день. Если пульсар NP 0532 — быстро вращающаяся нейтронная звезда, то в результате замедления ее вращения должна

выделяться колоссальная энергия — около 10^{38} эрг/сек. Такая энергия вполне достаточна, чтобы обеспечить излучение всей Крабовидной туманности. По мнению члена-корреспондента АН СССР И. С. Шкловского, замедление может быть объяснено мощным излучением гравитационных волн. Не исключено, что пульсар — причина многих удивительных свойств Крабовидной туманности. Он, по-видимому, является космическим ускорителем электронов, благодаря которым светится вся Крабовидная туманность. Действительно, сферические колебания нейтронной звезды, обладающей чрезвычайно сильным магнитным полем (около 10^{14} гс), способны вызвать

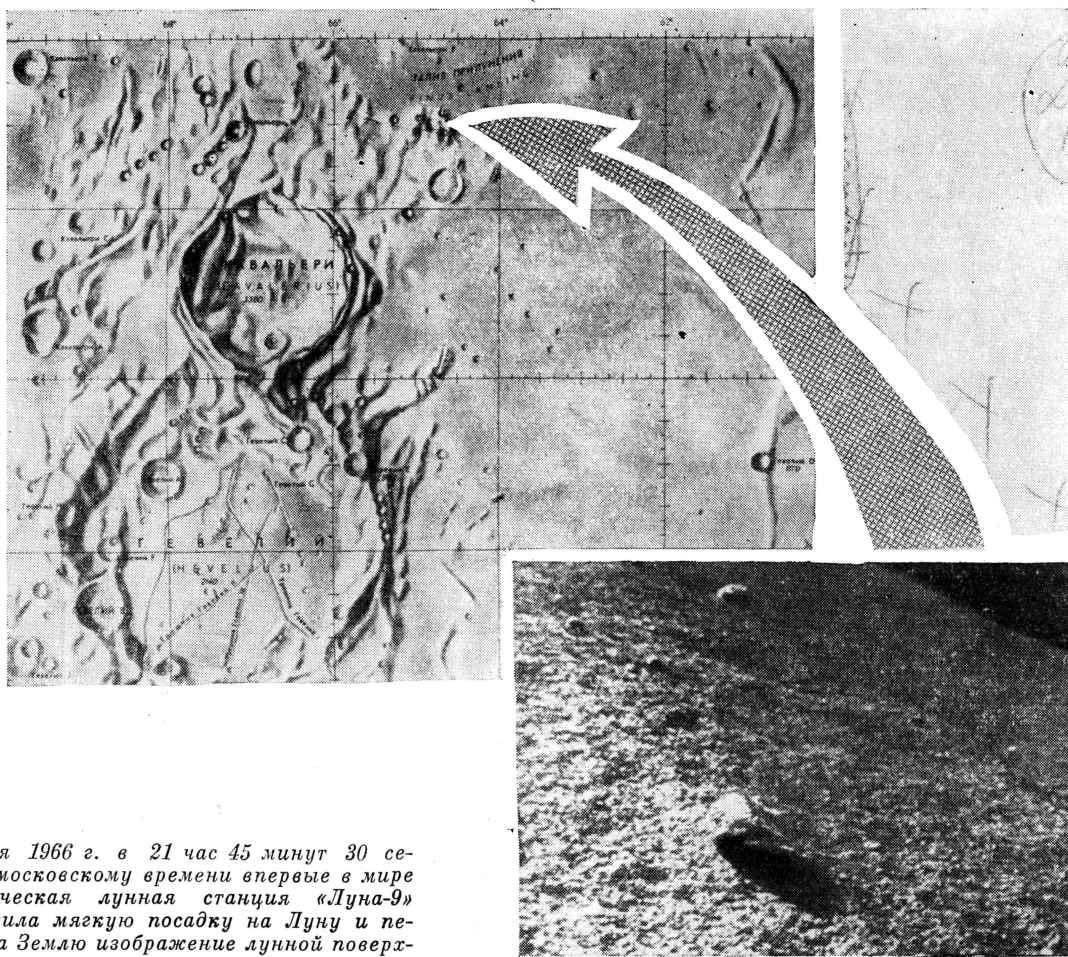
ИЗМЕНЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ излучения пульсара в белом свете и в мягкой рентгеновской области. По оси ординат отложено число фотонов, накопленное за время наблюдений. Оптические и рентгеновские импульсы на рисунке совмещены условно. Существует ли такая синхронизация на самом деле, — предстоит выяснить при одновременных (и в оптике, и в рентгене) наблюдениях пульсара

мощное длинноволновое электромагнитное излучение, и нейтронная звезда будет работать как гигантский космический бетатрон.

С. Б. ДОСТОВАЛОВ

Лунные ландшафты среди

На самом большом полуострове Северо-Восточной Азии — Камчатке среди действующих, затухающих и потухших вулканов находятся участки, напоминающие лунную поверхность.



6 февраля 1966 г. в 21 час 45 минут 30 секунд по московскому времени впервые в мире автоматическая лунная станция «Луна-9» осуществила мягкую посадку на Луну и передала на Землю изображение лунной поверхности

вулканов Камчатки

И. И. ЧЕРКАСОВ

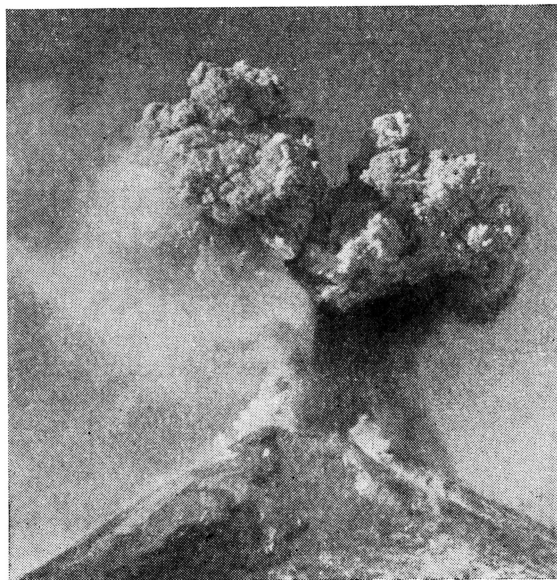
профессор

В. В. ШВАРЕВ

кандидат физико-математических наук

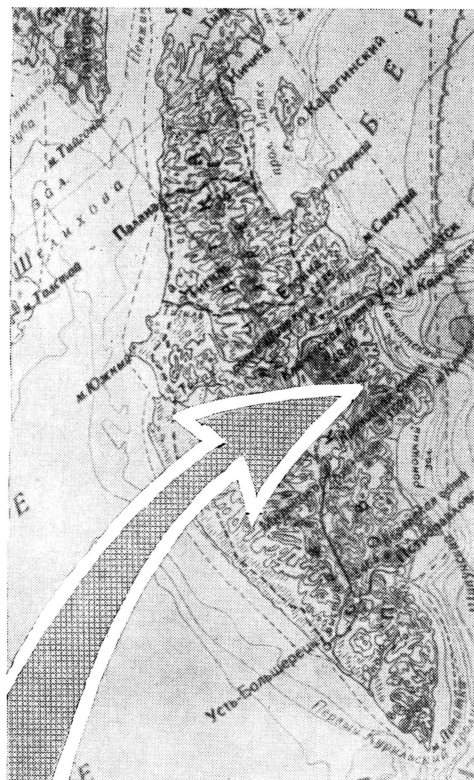
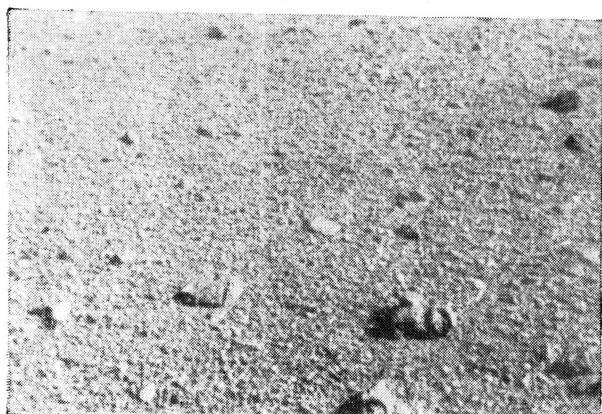
Г. С. ШТЕЙНБЕРГ

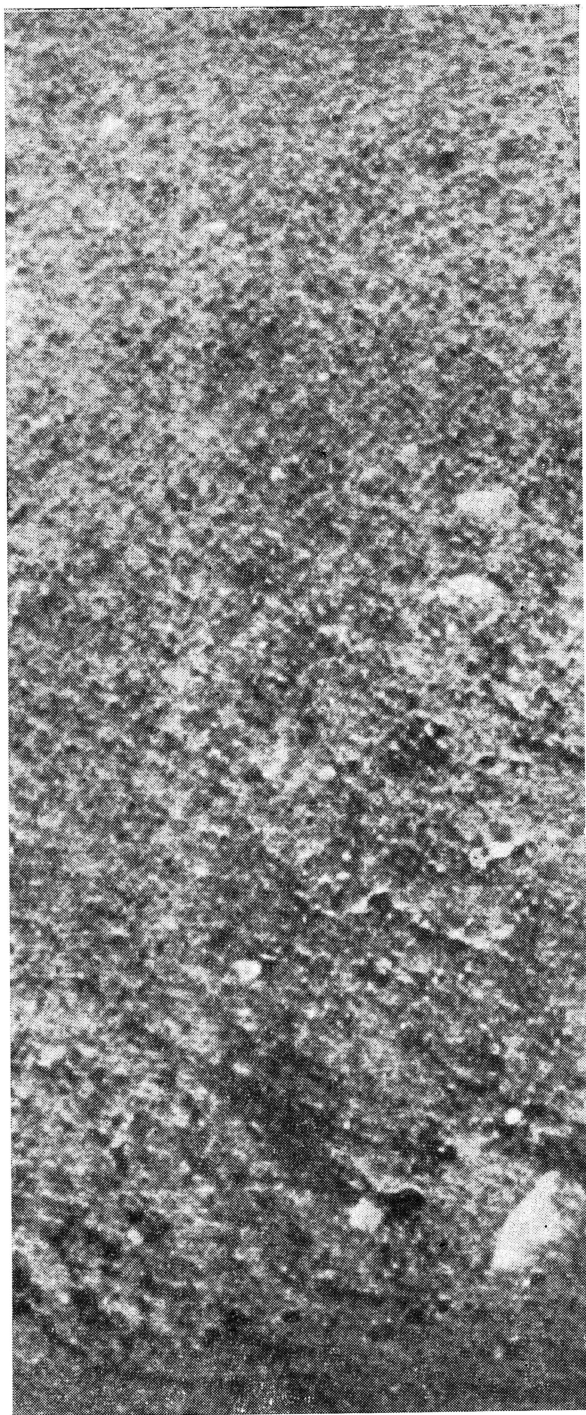
кандидат физико-математических наук



ПОВЕРХНОСТЬ ШЛАКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
вулкана Крашенинникова. Темный цвет поверхности создает мрачную картину, однообразие которой нарушается лишь многочисленными базальтовыми обломками. Размеры камней на переднем плане достигают 20 см

Фото И. И. Черкасова





ФРАГМЕНТ ПАНОРАМЫ ЛУННОЙ ПОВЕРХНОСТИ, снятой АЛС «Луна-13»

Новейшие исследования поверхности Луны дают основания считать, что покров лунных морей состоит, по всей вероятности, из базальтовых лав, погребенных под слоем зернистого материала. Вполне возможно, что этот слой частично образовался во время излияния магмы из выбросов вулканического пепла, шлака и пемзы (подобно тому как это происходит на Земле), а частично — из осколков лавы при дроблении ее метеоритами.

Можно предположить, что в зернистом слое встречаются сплошные и пористые зерна. Сплошные зерна — это обломки плотных лав и брызги вулканического стекла, пористые — продукты дробления пористых лав и вулканические латилли, шлаки и пемзы. Пористые лавы могли образоваться в лунных условиях при излиянии жидкой магмы из педр Луны в вакуум. Одновременно могло происходить интенсивное выделение газов, растворенных в расплаве, и образование пор в твердеющей лаве.

Помимо отдельных обломков и зерен на поверхности Луны могут встретиться комки и спекшиеся образования. Часть последних, возможно, возникла подобно земным туфам, а часть — создавалась из холодных зерен, которые долго находились в вакууме и слипались под влиянием сил Ван-дер-Ваальса и космических воздействий.

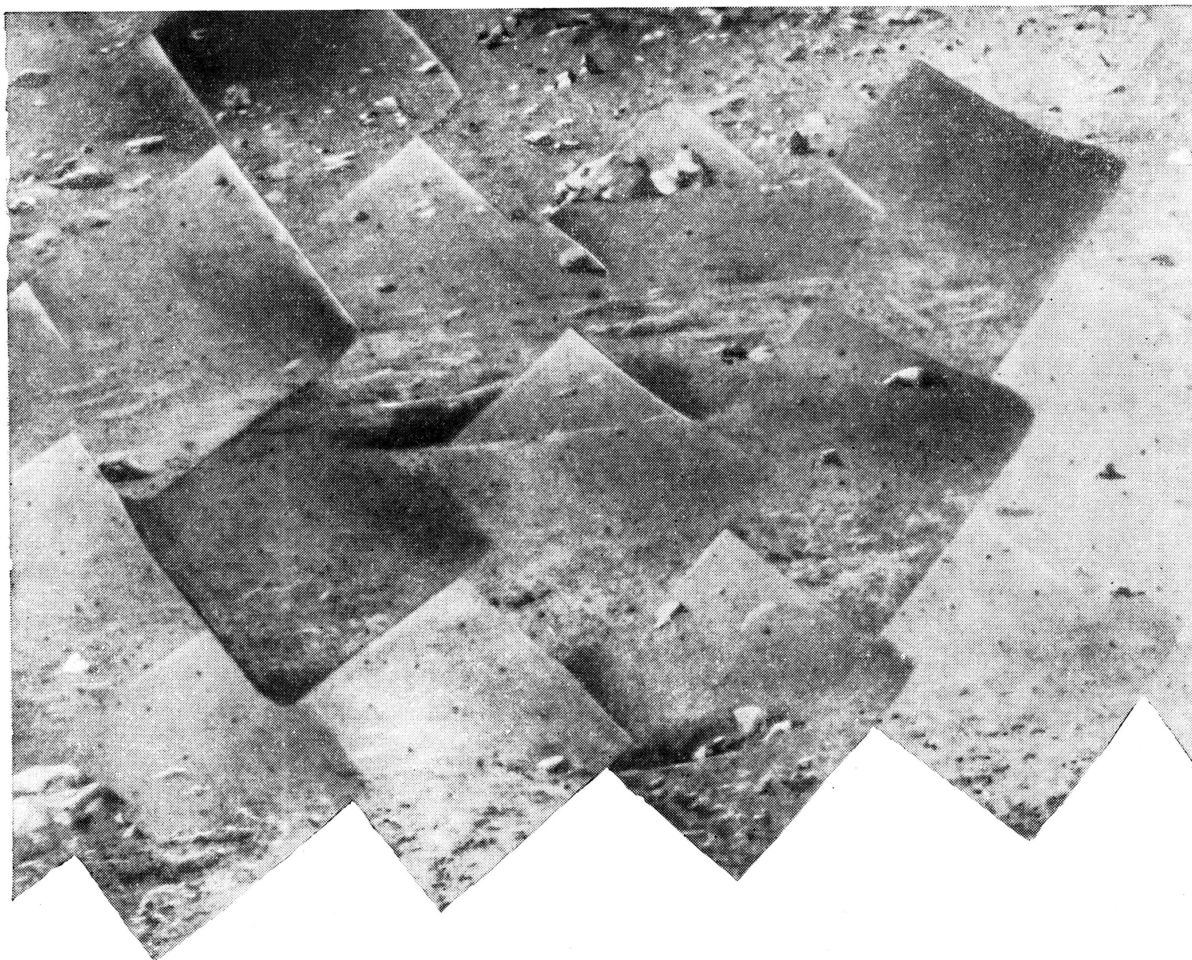
Таким образом, верхний слой грунта лунных морей, лежащий на поверхности лавы, по всей вероятности, представляет собой смесь отдельных, а также как бы сцементированных сплошных и пористых минеральных частиц разных размеров. В этой смеси встречаются обломки лавы крупных размеров и множество камней. Крупные обломки выступают на поверхность, образуя характерную для лунных панорам картину каменистой россыпи.

ЧТО НАМ ИЗВЕСТНО О ЛУННЫХ ГРУНТАХ

Исследования, проведенные советскими станциями «Луна-9 и -13» и американскими аппаратами «Сервейер», позволяют сделать следующие выводы.

Поверхностный слой грунтов Луны в области лунных морей — зернистый, состоит из отдельных минеральных частиц, а также комков и агрегатов, слабосвязанных между собой.

Механическая прочность грунта определяется углом внутреннего трения $32-35^\circ$ и сцеплением около $0,005 \text{ кг/см}^2$. Несущая



ЛУННАЯ ПОВЕРХНОСТЬ. Монтаж крупномасштабных снимков с аппарата «Сервейер-1»

способность грунта при глубине вдавливания 5 см составляет $0,50-0,68 \text{ кг/см}^2$. Коэффициент постели — отношение удельной нагрузки к глубине вдавливания, который может служить для оценки глубины вдавливания нагруженных площадок в грунт, — изменяется от 0,10 до $0,18 \text{ кг/см}^3$.

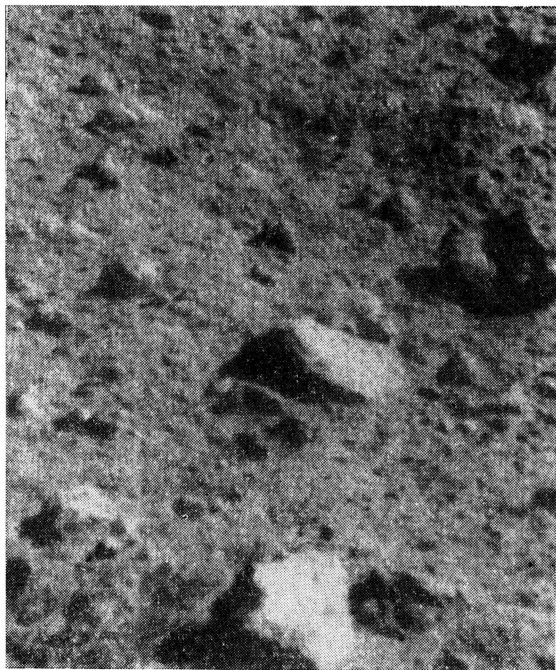
Пока еще нет единого мнения о плотности поверхностного слоя лунного грунта. По данным радиометрических измерений, проведенных «Луной-13», плотность составляет $0,8 \text{ г/см}^3$, что подтверждается также и результатами радиофизических определений. В США одно время господствовала гипотеза существования рыхлого пылевого покрова, обладающего значительно меньшей плотностью. Затем на основании материалов, полученных станциями «Сервейер», плотность поверхностного слоя стали принимать от 0,6

до 1,0 и даже до $1,5 \text{ г/см}^3$. При плотности $0,8 \text{ г/см}^3$ часть зерен должна иметь пористое строение, подобно шлаку и пемзе. При плотности $1,5 \text{ г/см}^3$ присутствие пористых зерен маловероятно*.

Американские исследователи сделали вывод о плотном сложении лунного грунта в результате изучения крупномасштабных снимков естественной и деформированной поверхности. Оказалось, что на грунте остаются отпечатки деталей лунных станций с мелкими подробностями рельефа, что свидетельствует о наличии значительного количества зерен крупностью 0,01 мм и меньше.

* Плотность выражается в граммах массы минерального скелета в 1 см^3 грунта. У одного и того же грунта при одинаковой степени уплотнения и на Земле, и на Луне плотность одинакова.

Когда ковш манипулятора, установленного на станциях «Сервейер», вдавливался в поверхность грунта, наблюдалось растрескивание поверхности, которое в рыхлых грунтах не происходит. Сопоставляя эти факты, американские ученые сделали заключение о том, что лунный грунт относительно плотно сложен из мелких зерен. Однако следует заметить, что детальные отпечатки могли быть получены и на крупнозернистом грунте, если он покрыт тонким слоем пыли. Трещины же могли образоваться в результате разрушения тонкой хрупкой поверхностной корки, возникшей под влиянием космических воздействий. Кроме того, невысокие механические свойства поверхностного слоя, установленные всеми автоматическими станциями, не соответствуют большой прочности и твердости плотных зернистых грунтов, дающих трещины при вдавливании штампа. Не соответствуют плотному сложению и низкие значения модуля упругости грунта, вычисленные по периоду собственных колебаний аппарата «Сервейер-3» после посадки.



ЛУННАЯ ПОВЕРХНОСТЬ. Крупномасштабный снимок с аппарата «Сервейер-3»

Окончательное решение вопроса о плотности грунта требует проведения новых измерений на Луне. При поисках земных аналогов, по всей вероятности, наиболее тщательно следует изучать зернистые грунты разного состава с пористыми и сплошными зернами, плотность которых в естественном залегании заключалась бы в пределах $0,8—1,5 \text{ г/см}^3$.

Земные аналоги лунных грунтов следует искать в первую очередь среди современных рыхлых вулканических отложений, которые еще не успели существенно измениться в результате процессов выветривания, воздействия текущей воды и жизнедеятельности организмов. Речь идет, конечно, об аналогах с особенностями строения поверхности ландшафта и структурно-механическими свойствами, присущими лунным грунтам. Поиск аналогов с оптическими, электрическими и поверхностно-активными свойствами лунных грунтов — гораздо более трудная задача, так как земные и лунные условия отличаются коренным образом.

Подобные исследования макрорельефа поверхности Луны уже проводились. Г. С. Штейнберг, сравнивая снимки Луны и материалы аэрофотосъемки камчатских вулканов, доказал большое сходство многих основных элементов и, в частности, сходство линейного расположения цепочек кратеров вдоль разломов коры.

На поверхности земного аналога лунного грунта могут отсутствовать мелкие кратеры и лунки, столь характерные для ландшафта Луны. Но основные физические и механические свойства зернистого грунта выбранного участка земной поверхности должны, по возможности, приближаться к лунным.

АНАЛОГИ ЛУННЫХ ГРУНТОВ НА ЗЕМЛЕ

В 1968 г. на Камчатке был организован поиск таких вулканических ландшафтов, которые бы максимально напоминали лунные. Особое внимание было уделено участкам со спокойным рельефом, со слабыми уклонами, свойственными поверхности лунных морей, и каменистым россыпям. Вертолеты и самолеты помогли обследовать значительную часть территории. Поверхностная толща грунтов подвергалась всестороннему полево-му и лабораторному исследованию. В результате было выбрано несколько характерных участков, расположенных в районах вулканов Шивелуч, Плоский Толбачик, Ключевской и Крашенинникова. Участки

сложены рыхлыми вулканическими отложениями, возраст которых колеблется от нескольких столетий до нескольких лет. Эти отложения в самой малой степени изменены процессами выветривания и эрозии и совершенно не подвергались воздействию человека. Перед глазами исследователей предстал первозданный покров, который только через миллионы лет превратится в привычные нам грунты и почвы.

Интересно, что на всех приведенных фотографиях ландшафта исследованные грунты кажутся гораздо более крупнозернистыми, чем на самом деле. По внешнему виду они напоминают галечник или гравий на морском пляже, усыпанный крупными камнями. Результаты же анализа показывают высокое содержание песчаных и пылеватых фракций. Дождевые и снеговые талые воды смывают с поверхности мелкие частицы и уносят их в нижележащую рыхлую толщу, обнажая более крупные фракции. Возможно также, что крупные и пористые куски шлака и пемзы всплывают из массы более тяжелого песка и пемла при сейсмических воздействиях. Можно предположить, что аналогичный процесс происходит и на Луне.

Результаты полевых и лабораторных исследований позволили дать определенную количественную характеристику рыхлым вулканическим отложениям (см. таблицу 1).

В таблицу 1 включен объемный вес сухого скелета. Это распространенная характеристика плотности грунтов. Она представляет собой произведение плотности на ускорение силы тяжести. На Земле объемный вес

сухого скелета численно равен плотности, но выражается в граммах веса на 1 см^3 , на Луне — в 6 раз меньше.

Исследованные грунты характеризуются объемным весом скелета от 0,82 до $1,29 \text{ г/см}^3$, т.е. в 1,5—2 раза меньше, чем у осадочных песков, суглинков и глин. Такое расхождение объясняется влиянием пористой структуры крупных фракций вулканических отложений и частично — рыхлой упаковкой зерен. По объемному весу сухого скелета, который в

Таблица 2

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЫХЛЫХ
ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

Наименование грунта и место отбора пробы	Угол естественного откоса	Модуль общей деформации, кг/см^2		Коэффициент пористости, кг/м^3
		по пене-трометру	по штампу	
Пемзовидная дресва (вулкан Шивелуч, пирокластический поток)	44°	75	60	4,4
Вулканический песок пылеватый (вулкан Шивелуч, эруптивная туча)	45°	40	7	0,5
Вулканический песок крупный (Ключевской вулкан)	45°	20	60	4,4
Шлаковая дресва (вулкан Плоский Толбачик)	45°	24	60	4,4
Вулканический песок крупный (вулкан Крашенинникова)	40°	24	55	4,0

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ ОТЛОЖЕНИЙ НА ХАРАКТЕРНЫХ УЧАСТКАХ

Наименование грунта (согласно строительной классификации) и место отбора пробы	Содержание SiO_2 (в %)	Содержание фракций по весу (в %)							Объемный вес сухого скелета, г/см^3	Природная влажность (в %)
		Крупнее 10 мм	10—20 мм	2—1 мм	1—0,5 мм	0,5—0,25 мм	0,25—0,1 мм	Мельче 0,1 мм		
Пемзовидная дресва (вулкан Шивелуч; пирокластический поток)	58,8	27,10	49,85	6,19	6,83	4,73	1,88	2,82	1,07	10,6
Вулканический песок пылеватый (вулкан Шивелуч, эруптивная туча)	60,8	18,50	16,16	4,90	22,51	13,08	9,31	25,54	0,89	7,3
Вулканический песок крупный (Ключевской вулкан)	53,1	2,78	9,51	27,81	32,21	6,70	4,68	16,31	1,29	7,4
Шлаковая дресва (вулкан Плоский Толбачик)	50,3	15,10	65,18	9,18	5,22	1,82	1,57	1,93	0,82	8,5
Вулканический песок крупный (вулкан Крашенинникова)	52,3	2,88	8,41	9,16	24,42	21,89	17,39	15,85	1,25	7,4

среднем равен $1,06 \text{ г/см}^3$, все подвергнутые анализу отложения рыхлые, а по средней влажности (9%) — маловлажные.

Механические свойства грунтов на выбранных участках необычны: значения модуля общей деформации низкие (в среднем 36 кг/см^2 — по данным пенетрации и 45 кг/см^2 — по вдавливанию штампа). Деформации развиваются под нагружающей площадкой, почти не распространяясь в стороны.

По-видимому, впервые были определены механические характеристики рыхлых вулканических отложений Камчатки в условиях их естественного залегания. Эти испытания проводились с помощью ручного пене-

трометра ударного действия, а также вдавливанием круглого жесткого штампа. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Данные о величине угла естественного откоса (образованного поверхностью свободно-насыпанного грунта с горизонтальной плоскостью) определены в лаборатории на воздушнотесных грунтах.

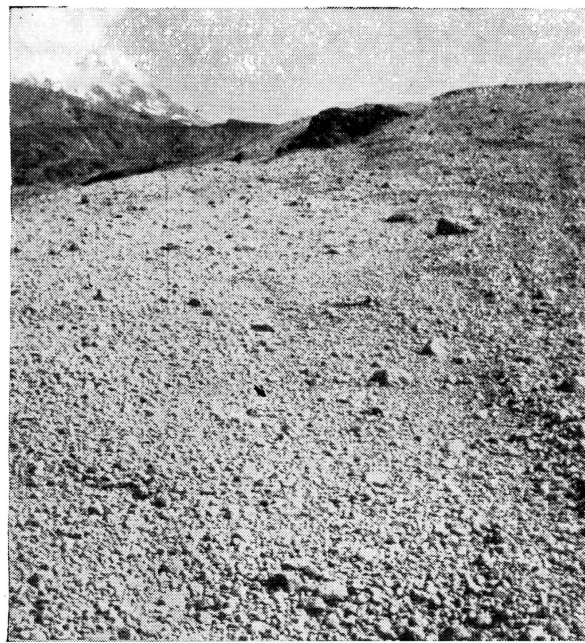
Весьма значительные величины угла естественного откоса ($40-45^\circ$) обусловлены жесткой структурой и влиянием острых кромок многочисленных разломов.

Деформацию грунта под действием внешней нагрузки характеризуют модулем общей деформации. Это — параметр, аналогичный модулю Юнга для упругих материалов, но



УЧАСТОК НА СКЛОНЕ ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ покрыт отложениями вулканического взрыва 1964 г. В воздух было выброшено огромное количество раздробленных материалов. Раскаленная лавина пепла, лапиллей и мелких обломков шлака и лавы, насыщенная газами, с большой скоростью устремилась вниз по склону, сметая и сжигая все на своем пути. На Шивелуче отложения этого пирокластического потока представлены смесью пемзовидного материала различного размера — от округленных валунов до пыли. Мощность отложений достигает 10—15 м. Цвет поверхности светло-серый. Сверху лежит крупный материал, под ним — мелкозем, перемешанный с более крупными обломками. При движении пирокластического потока частицы получили округленную форму, а также относительно плотную упаковку

Фото И. И. Черкасова



ВТОРОЙ ХАРАКТЕРНЫЙ УЧАСТОК на вулкане Шивелуч состоит из отложений эруптивной тучи, т. е. из частиц различной крупности, выброшенных в атмосферу, а затем осевших на поверхность земли. Рельеф этих отложений идеально ровный, а состав частиц — однородный и более мелкий, чем на первом участке. Толщина слоя от 0,2 до 20 м. Размер частиц и толщина отложений по мере удаления от кратера уменьшаются. Зерна отложений имеют острогранную форму и более рыхлую упаковку, чем на первом участке. В массе отложений уцелели кустарники, ветви которых поддерживают легкую, рыхлую и очень неустойчивую по отношению к внешним нагрузкам толщу. Крупных обломков почти не видно. Цвет поверхности светло-серый

Фото И. И. Черкасова

отличающийся от него тем, что одновременно учитывает упругие и остаточные деформации. Модуль общей деформации определяется при обработке кривой вдавливания штампа, а также по результатам опытов с пенетрометром.

Анализ кривых вдавливания показал, что образцы с исследуемых участков имеют рыхлое сложение. Деформации носят, как правило, остаточный характер. Обратное движение штампа при разгрузке составляет около 20% от полной осадки в конце нагружения. Характер кривой вдавливания на всех участках одинаков.

Высокая деформируемость исследованных грунтов объясняется тем, что рыхлоупако-

ванные зерна вулканических грунтов под действием нагрузки свободно перемещаются относительно друг друга, а крупные пористые включения дробятся.

Какой же вывод можно сделать из сравнения свойств рыхлых вулканических пород и грунтов лунных морей?

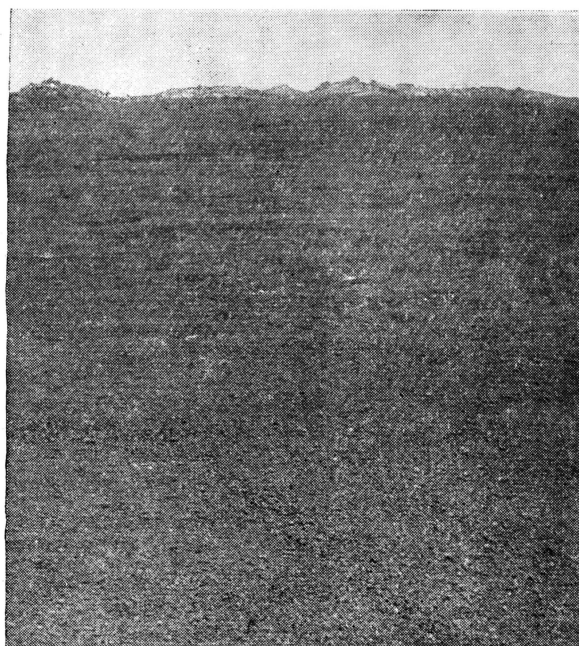
В таблицу 3, которая содержит результаты такого сравнения, включены: плотность грунтов, угол естественного откоса вулканических пород (на Земле), угол трения лунных грунтов и коэффициент постели — основные параметры, определяющие механическую прочность грунтов и их способность деформироваться под действием нагрузки.

Плотность исследованных вулканичес-



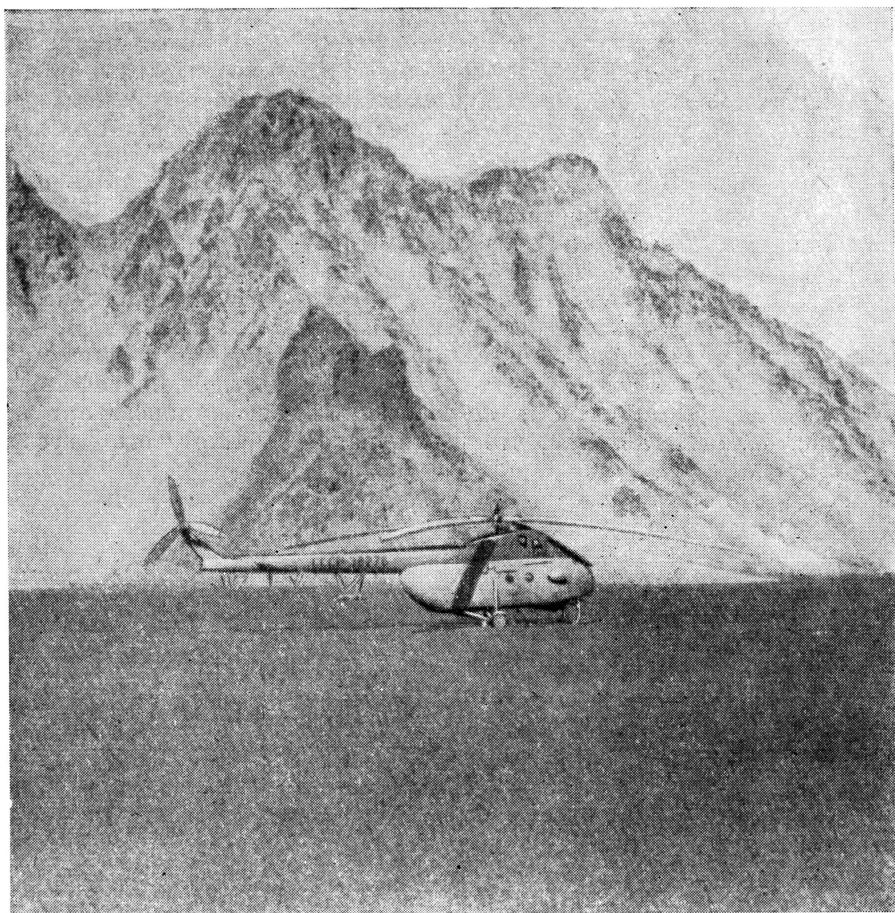
УЧАСТОК В РАЙОНЕ группы кратеров Юбилейного прорыва (Ключевская сопка) покрыт продуктами извержения 1945 г. Рельеф спокойный с горизонтальными площадками. Сверху лежат крупные обломки лавы размерами до 30—50 см, шлак и лапилли, под которыми непосредственно залегает слой песка и пепла с включениями таких же обломков. Мощность отложений достигает 10 м. На поверхности встречаются пеплы вулкана Безымянного, выброшенные во время неоднократных извержений 1956—1966 гг. Цвет поверхности серый

Фото И. И. Черкасова



УЧАСТОК В УРОЧИЩЕ ПЕСЧАНОМ расположен на шлаковой россыпи в 14 км от кратера вулкана Плоский Толбачик. Рельеф представляет собой ровный склон с небольшим уклоном. Шлаковая россыпь сформирована на протяжении последних столетий и еще не испытала заметной эрозии. Средняя мощность шлаковых отложений составляет 4—5 м. Крупные обломки практически отсутствуют. Цвет отложений темно-коричневый

Фото И. И. Черкасова



НА ЭТОЙ ФОТОГРАФИИ ИЗОБРАЖЕН ВЕРТОЛЕТ в кальдере вулкана Крашенинникова. На заднем плане — высокий скалистый борт кальдеры, на переднем — отложения вулкана, состоящие в основном из вулканического песка с включениями лапиллей и шлака. Цвет отложений темно-коричневый. Трудно переоценить помощь, которую оказали исследователям пилоты вертолета МИ-4. Для вертолета не существовало таких преград, как непроходимая тайга и болота, реки и скалистые гребни гор, окружающие кальдеры вулканов. Эта машина служила не только транспортным средством. На ней были смонтированы приборы геофизической разведки, а ее вес использовался, как пригрузка при испытаниях грунтов вдавливанием штампа. Каждое утро вертолет поднимался с площадки Вулканологической станции Академии наук в поселке Ключи и доставлял ученых с приборами прямо к кратерам облюбованных ими вулканов

Фото И. И. Черкасова

ких грунтов занимает среднее положение между плотностями лунных грунтов, определенных разными методами. В сухом виде рыхлые вулканические грунты не обладают истинным сцеплением, зато угол естественного откоса у них значительно выше угла трения, приписываемого лунным грунтам. Коэффициент постели земных грунтов зна-

чительно выше, чем лунных. Однако при меньшей силе тяжести остаточные деформации зернистых грунтов при одинаковой нагрузке растут, так как снижение веса облегчает взаимные смещения зерен. Поэтому исследованные грунты в лунных условиях должны иметь меньший коэффициент постели.

Таблица 3

СОПОСТАВЛЕНИЕ ОСРЕДНЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
РЫХЛЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД И ГРУНТОВ
ЛУННЫХ МОРЕЙ

Наименование	Плотность (г/см ³)	Сцепление (кг/см ²)	Угол естественного откоса	Угол внутреннего трения	Коэффициент потерь (кг/см ²)
Сухие вулканические пески и дресва (на Земле)	0,82—1,29	0	40—45°	—	0,5—4,4
Грунты лунных морей	0,80—1,50	0,005	—	32—35°	0,10—0,18

НОВЫЕ ДАННЫЕ О КРАТЕРЕ РИЗ

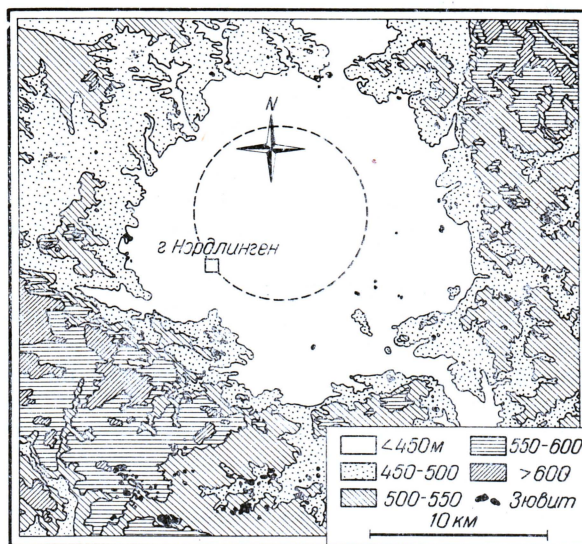
Продолжается исследование древнего метеоритного кратера Риз («Земля и Вселенная», № 3, 1968 г., стр. 11), внутри которого расположен город Нордлинген (ФРГ). Кратер возник в результате удара и взрыва гигантского метеорита около 15 млн. лет назад. Существующая сейчас котловина сильно эродирована и имеет в поперечнике примерно 20 км.

Как сообщает профессор Г. Ангенхейстер из Мюнхена, «просвечивание» сейсмическими волнами района Нордлингена показало, что на дне котловины лежит 35-метровый слой озерных осадков, под которыми скрыт внутренний подземный кратер. Его глубина не менее 700 м, а поперечник примерно 10 км. Кратер заполнен раздробленной, спекшейся и частично расплавленной породой. Буровая скважина, пройденная близ центра кратера, позволила извлечь с глубины 330 м образцы своеобразной взрывной брекчии — зювита. Такое вещество образуется под действием кратковременных высоких температур и давлений, когда сквозь среду проходит ударная волна очень большой интенсивности.

Разрушенная, разрыхленная порода, залегающая под котловиной, обуславливает в этом районе заметное понижение силы тяжести по сравнению с окружающей местностью. Там наблюдается значительная гравитационная аномалия величиной 12 миллигалл. Такое уменьшение соответствует дефициту массы в кратере от 30 до 60 млрд. т. Та-

Угол естественного откоса земных грунтов в воздушносухом состоянии определен непосредственно на приборе. Из-за отсутствия сцепления он близок к углу внутреннего трения. Для лунных грунтов угол трения был вычислен, исходя из механической прочности, с учетом сцепления между зернами.

Из приведенных данных видно, что современные рыхлые вулканические отложения камчатских вулканов по своим структурно-механическим свойствам приближаются к поверхностным грунтам лунных морей. Ландшафты выбранных участков также напоминают лунные. Следовательно, рыхлые вулканические отложения заслуживают более внимательного изучения и могут быть использованы как земные аналоги лунных грунтов.



ГИПСОМЕТРИЧЕСКАЯ КАРТА района кратера Риз.
Пунктиром даны очертания внутреннего подземного кратера

ким образом, в момент взрыва было выброшено несколько десятков кубических километров коренной породы.

Ударная волна изменила также и магнитные свойства пород. В центре котловины Риз земное магнитное поле ослаблено на 300 гамм.

«Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society», 9, 4, 1968.

ГРАВИТИРУЕТ ЛИ ВАКУУМ?

И. Д. НОВИКОВ

кандидат физико-математических наук

Наблюдения самых далеких объектов Вселенной — квазаров показали, что вакуум, возможно, обладает свойствами гравитационного отталкивания, проявляющимися на огромных космических расстояниях.

Закон всемирного тяготения гласит, что любые материальные тела притягивают друг друга. А гравитирует ли вакуум? Этот вопрос в современной физике был поставлен Альбертом Эйнштейном еще в 1917 г. Что такое гравитация вакуума? Почему возник такой вопрос? Какие данные физических экспериментов или астрономических наблюдений заставили великого физика поставить эту проблему? Оказывается, никаких прямых данных не было, а точнее говоря, именно отсутствие в ту пору данных о движении далеких галактик привело Эйнштейна к мысли о гравитации вакуума.

Дело обстоит следующим образом. Вскоре после создания общей теории относительности Эйнштейн попытался построить на ее основе математическую модель Вселенной. При этом он исходил из двух предположений: во-первых, галактики в среднем равномерно заполняют пространство, если рассматривать достаточно большие его объемы, и, во-вторых, средняя плотность галактик в пространстве неизменна со временем, т. е. средние расстояния между галактиками постоянны.

Последнее предположение распространяло на всю Вселенную существовавшие в то время представления о стационарности, неизменности систем небесных тел. Действительно, многовековой опыт астрономических наблюдений и исследований показал, что очень длительно неизменными остаются солнечная система, звездные скопления и звездные системы. Естественно, возникла мысль о стационарности и всей Вселенной — мысль, основанная, вероятно, на инерции человеческого мышления.

Наблюдательных данных о движении далеких галактик, подтверждающих или опровергающих гипотезу стационарности, как уже отмечалось выше, в то время еще не было.

Если принять указанные два предположения, то уравнения теории Эйнштейна для всей Вселенной будут иметь решения только при условии, что в мире, помимо сил тяготения, существуют еще силы отталкивания.

Понять этот вывод легко, даже не обращаясь к теории Эйнштейна, а пользуясь лишь теорией тяготения Ньютона. Каждую галактику в этой задаче можно рассматривать как «атом» однородной среды. Рассмотрим такую однородную среду, равномерно заполняющую все пространство. Выделим мысленно в этой среде шар произвольного радиуса с центром в произвольной точке. Галактики, находящиеся на граничной сфере, будут притягиваться к центру шара с силой, пропорциональной массе шара M и обратно пропорциональной квадрату его радиуса R .

Можно доказать (и это сделано), что тяготение однородного вещества, находящегося вне шара и простирающегося до бесконечности, никакой силы внутри шаровой полости не создает — его действие сводится к нулю. Таким образом, притяжение к центру шара галактик, расположенных на сфере, обусловлено только веществом шара, и ускорение этих галактик по отношению к центру шара будет равно:

$$a_{\text{тяг.}} = - \frac{GM}{R^2},$$

где G — постоянная тяготения, входящая в

формулу закона всемирного тяготения Ньютона ($G = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/\text{г} \cdot \text{сек}^2$). Знак минус в формуле означает, что галактики притягиваются, а не отталкиваются.

Выразим массу шара через среднюю плотность вещества ρ :

$$M = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho.$$

Тогда:

$$a_{\text{тяг.}} = -\frac{4}{3} \pi G \rho R. \quad (1)$$

Итак, если даже в некоторый момент галактики неподвижны относительно друг друга, то в следующий момент под действием тяготения они начнут, двигаясь ускоренно, сближаться. Мир будет сжиматься, мир будет нестационарным.

Для того чтобы уравновесить силы тяготения и сделать мир стационарным, надо ввести силы отталкивания, не зависящие от вещества. Ускорение тяготения и ускорение отталкивания должны быть равны друг другу по абсолютной величине и противоположны по знаку:

$$a_{\text{отт.}} = -a_{\text{тяг.}} \quad (2)$$

Таким образом, сила отталкивания должна быть прямо пропорциональна расстоянию, как следует из формул (1) и (2).

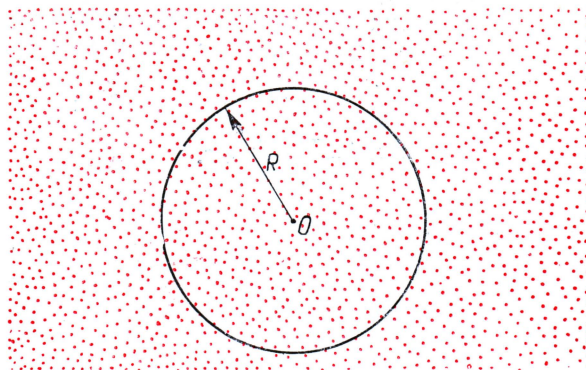
Исходя из таких соображений, Эйнштейн ввел космическую силу отталкивания, которая делала мир стационарным. Эта сила универсальна: она не зависит от массы тел, а только от расстояния их разделяющего. Зная среднюю плотность вещества во Вселенной ($\rho \approx 2 \cdot 10^{-29} \text{ г/см}^3$), можно по формулам (1) и (2) найти численную величину ускорения при отталкивании:

$$a_{\text{отт.}} \approx 5 \cdot 10^{-37} \cdot R \text{ см/сек}^2. \quad (3)$$

Численную константу в формуле (3) или, точнее, величину, получающуюся от деления этой константы на квадрат скорости света, называют космологической постоянной и обозначают греческой буквой Λ . Итак,

$$\Lambda = 5 \cdot 10^{-37} : (3 \cdot 10^{10})^2 \approx 5 \cdot 10^{-58} \text{ см}^{-2}.$$

Малость величины Λ свидетельствует, что силы отталкивания, если они, конечно, существуют в природе, совершенно незаметны в лабораторных опытах. Даже в масштабе солнечной системы или всей нашей Галактики эти силы пренебрежимы по сравнению с силами тяготения. Так, нетрудно подсчитать, что ускорение, сообщаемое Земле тяготением Солнца, равно $0,5 \text{ см/сек}^2$. В то же время ускорение космического отталкивания между



СИЛА ТЯГОТЕНИЯ, с которой галактика, расположенная на поверхности шара произвольного радиуса R , притягивается к центру шара O , определяется только суммарной массой вещества шара и не зависит от вещества, находящегося вне шара

Землей и Солнцем, согласно формуле (3), в 10^{23} раз меньше! Разумеется, это отталкивание никак не сказывается на движении тел солнечной системы и может быть обнаружено только при исследовании движений самых отдаленных наблюдаемых галактик.

Так в уравнениях тяготения Эйнштейна появился космологический член, описывающий силы отталкивания вакуума. Действие этих сил столь же универсально, как и сил всемирного тяготения, т. е. оно не зависит от физической природы тела, на котором проявляется, поэтому логично назвать это действие гравитацией вакуума.

Через несколько лет после работы Эйнштейна советский математик А. А. Фридман показал, что уравнения Эйнштейна для всей Вселенной могут быть решены и без космологического члена, т. е. без гипотетических сил отталкивания, если только отказаться от предположения стационарности, неизменности во времени средней плотности окружающего мира. Согласно Фридману, галактики должны либо удаляться друг от друга, либо приближаться, т. е. мир должен либо расширяться, либо сжиматься. Эйнштейн сначала не согласился с выводом Фридмана, но потом полностью признал его и даже стал склоняться к мысли, что Λ -член не следует вводить в уравнения тяготения, если их решение для всего мира можно получить и без этого члена. В конце 20-х годов наблюдениями было доказано, что галактики взаимно удаляются, т. е. мир расширяется и в природе действительно осуществляется нестационарное решение Фридма-

на. Скорость удаления галактик измеряется на основе закона Доплера по смещению линий в их спектрах к красному концу («красное смещение»). Величина смещения длины волны света обозначается буквой z :

$$\frac{\lambda_{\text{набл.}} - \lambda_{\text{изл.}}}{\lambda_{\text{изл.}}} = z.$$

Оказалось, что скорость удаления галактик прямо пропорциональна расстоянию. Эта закономерность была названа законом Хаббла. После ее открытия какие-либо основания предполагать, что в природе существуют космические силы отталкивания, отпали. Правда, решение, описывающее расширяющийся мир, можно получить и для уравнений с Λ -членом*. Наблюдения же были в то время недостаточно точны, чтобы определить, какое решение осуществляется в природе: с Λ -членом или без него. Тем не менее, многие физики с неприянью поглядывали на Λ -член в уравнениях, поскольку он осложнял теорию и ничем не был оправдан. Эйнштейн и другие физики предпочитали писать уравнения тяготения без Λ -члена, т. е. считая $\Lambda \equiv 0$.

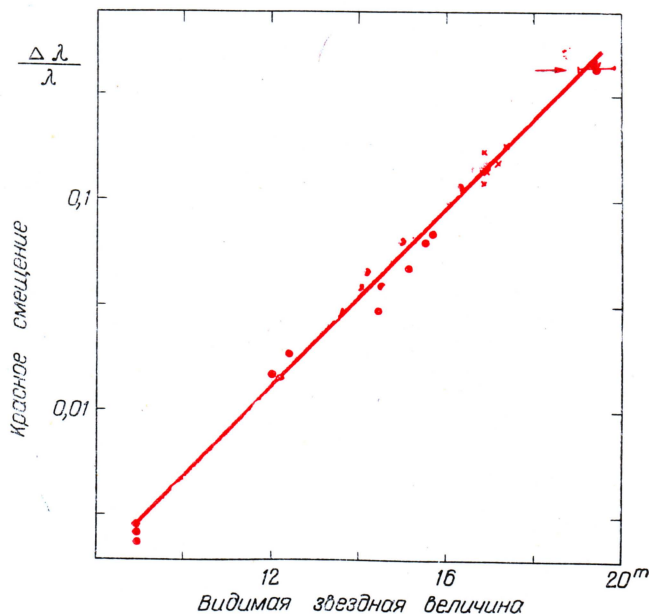
Так обстояло дело до начала 1967 г. К этому времени астрономы открыли и исследовали необычайные объекты — квазары, которые в сотни раз ярче обычных галактик, и поэтому видны с огромных расстояний. Точность наблюдений значительно повысилась.

Квазары до сих пор хранят множество тайн и нерешенных проблем. Мы остановимся здесь лишь на двух особенностях квазаров. Для галактик давно была известна зависимость между видимой звездной величиной и красным смещением ($m \div z$ зависимость). Чем дальше галактика, тем она выглядит менее яркой (больше звездная величина m), и в то же время тем больше, согласно закону Хаббла, ее скорость, а значит, и красное смещение. Оказалось, что для квазаров такой явной зависимости нет! Американские ученые В. Петросян, Э. Сальпетер и П. Шекерс предположили, что отсутствие $m \div z$ зависимости у квазаров связано с наличием Λ -члена в уравнениях тяготения, т. е. космических сил отталкивания. Поясним сказанное.

Предположим, что Λ -член отличен от нуля. Пусть мир расширяется от состояния

очень высокой плотности. Так как вначале плотность вещества велика, силы тяготения, пропорциональные плотности и тормозящие расширение, много больше сил отталкивания. В ходе расширения плотность упадет настолько, что силы сравняются. В этот момент мир по инерции будет расширяться без ускорения, с постоянной скоростью. Если эта скорость очень мала, то очень долго будет поддерживаться почти полное равенство сил тяготения и отталкивания и, следовательно, период задержки расширения будет длительным. Затем плотность вещества все же постепенно упадет и силы тяготения станут меньше сил отталкивания. Теперь мир уже будет расширяться ускоренно под действием сил отталкивания.

Когда мы наблюдаем квазары с большим красным смещением, т. е. на больших расстояниях, мы видим свет давно испущенный. Если он покинул квазары в эпоху, соответствующую задержке расширения, то и у более близкого, и у более далекого квазаров красное смещение будет почти одним и тем же. Это происходит потому, что мы наблюдаем эпоху в прошлом, когда мир почти не расширялся. Свет обоих квазаров одинаково покраснеет позже — в эпоху, когда задержка

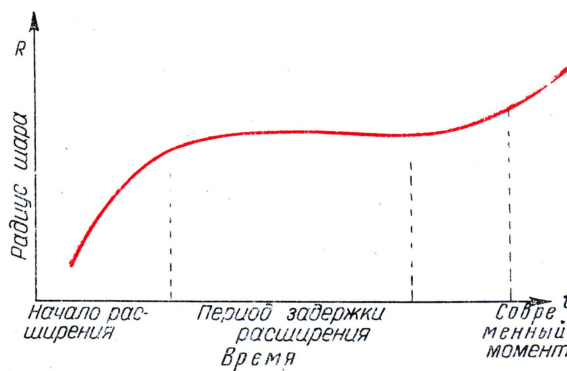


ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ВИДИМОЙ ЗВЕЗДНОЙ величиной и красным смещением для галактик. Из графика следует, что чем больше красное смещение (чем дальше галактика), тем слабее ее видимая звездная величина

* Для этого достаточно предположить, что силы тяготения и отталкивания не компенсируют точно друг друга, тогда преобладающая сила приведет к нестационарности.

расширения кончилась. Следовательно, и относительно близкий, а потому яркий квазар, и далекий, слабый, будут обладать почти одинаковым красным смещением. Так Петросян, Сальпетер и Шекерс объясняют исчезновение $m \div z$ зависимости для далеких квазаров.

В пользу картины расширения с задержкой еще более убедительные аргументы привели советские астрофизики И. С. Шкловский и Н. С. Кардашев. У квазаров была обнаружена следующая особенность. Если линии излучения в их спектрах показывают красное смещение, большее 1,95, то линии поглощения, как правило, имеют красное смещение, равное 1,95. И. С. Шкловский и Н. С. Кардашев объясняют это тем, что задержка расширения соответствует в прошлом эпохе, от которой мы получаем свет с красным смещением, равным 1,95. Линии излучения возникают в самих квазарах, и поэтому их красное смещение различное. Линии поглощения образуются не в квазарах, а в каких-нибудь галактиках, которые случайно пересекает луч света от квазаров, распространяясь в пространстве. Если период задержки длителен, то наиболее вероятно, что луч от квазара пересекает галактику

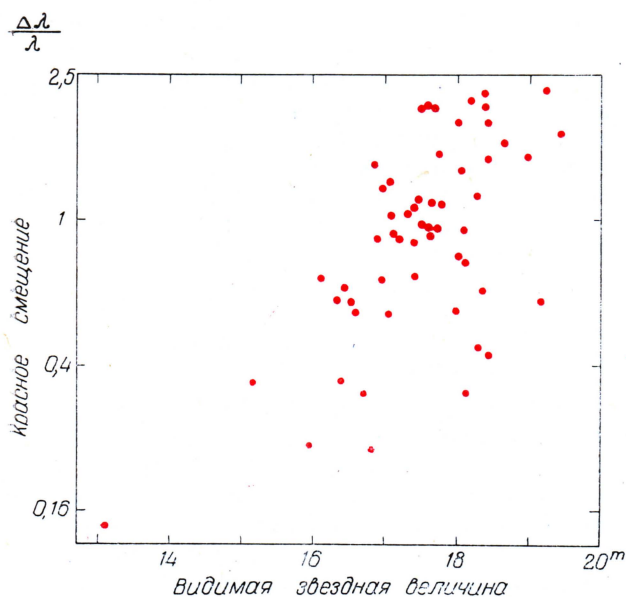


ИЗМЕНЕНИЕ С ТЕЧЕНИЕМ ВРЕМЕНИ радиуса шара, произвольно выделенного в однородной среде. Вначале силы тяготения тормозят расширение, затем, когда силы тяготения сравняются с силами отталкивания, наступает период задержки расширения и, наконец, если силы отталкивания преобладают над силами тяготения, расширение происходит ускоренно

как раз в эпоху задержки расширения и красное смещение линий поглощения будет составлять 1,95. При этом силы отталкивания должны описываться формулой (3), только с численным коэффициентом, в 30 раз большим*.

Выводы американских и советских ученых нельзя считать доказанными. Уже появилось много работ, свидетельствующих о трудностях объяснений особенностей квазаров задержкой расширения мира. Ставятся под сомнение и сами наблюдательные особенности квазаров. Все это будет проверяться и перепроверяться в ближайшие годы. Тем не менее, поколеблена уверенность в том, что Λ -сил нет в природе. Впервые какие-то наблюдательные факты (пусть не слишком надежные) указывают на возможное наличие космических сил отталкивания. Это заставляет физиков задуматься над природой таких сил.

Одна из возможных попыток объяснить природу Λ -сил заключается в следующем. Согласно современной квантовой физике, вакуум представляет собой наинизшее энергетическое состояние всех полей. В вакууме даже в отсутствии реальных частиц проис-



В ОТЛИЧИЕ ОТ ГАЛАКТИК, у квазаров, как видно из этого графика, нет зависимости между звездной величиной и красным смещением

* Увеличение коэффициента в 30 раз обусловлено тем, что почти полное уравнивание сил тяготения силами отталкивания в гипотезе американских и советских авторов происходит не сегодня, а в прошлом, когда плотность вещества во Вселенной была раз в 30 больше.

ходят сложные процессы рождения и уничтожения так называемых виртуальных частиц. Например, рождаются и уничтожаются тройки: электрон, позитрон и гамма-квант, и происходит множество других подобных процессов. Виртуальные частицы, родившись, не могут разлететься в стороны, став реальными частицами, которые можно зарегистрировать; они тут же аннигилируют друг с другом. Но следствия взаимодействия виртуальных частиц проявляются и с огромной точностью фиксируются экспериментально. Чрезвычайно сложен вопрос о плотности энергии вакуума. Оказывается, во все формулы теории энергия вакуума входит так, что сокращается при описании поведения реальной системы частиц. Возможна и такая формулировка теории, при которой средняя плотность энергии вакуума тождественно равна нулю. Но такой подход годится только до тех пор, пока мы не будем учитывать гравитационное взаимодействие виртуальных частиц.

Как предположил советский физик Я. Б. Зельдович, возникновение отличной от нуля плотности энергии вакуума наглядно можно представить следующим образом. В вакууме рождаются и уничтожаются виртуальные частицы с массой m . Средняя плотность собственной массы (или энергии — величины, отличающейся от плотности массы, согласно формуле Эйнштейна $E = mc^2$, только множителем c^2) виртуальных частиц, как сказано выше, в окончательные формулы не входит и может считаться равной нулю. По квантовой теории масса частицы определяет характерное расстояние $l = \hbar/mc$, где $\hbar$ — постоянная Планка ($\hbar = 1,05 \cdot 10^{-27}$ эрг · сек). Виртуальные частицы возникают в среднем на характерном расстоянии друг от друга. Энергия гравитационного взаимодействия соседних частиц, согласно обычной формуле, равна:

$$E = \frac{Gm^2}{l}.$$

Эта энергия и обуславливает отличную от нуля плотность энергии вакуума или, что то же самое, плотность массы $\rho_{\text{вак.}} = \varepsilon_{\text{вак.}}/c^2$. Чтобы получить плотность энергии, разделим E на объем, приходящийся на одну виртуальную частицу, т. е. на l^3 :

$$\varepsilon_{\text{вак.}} = \left(\frac{Gm^2}{l} \right) : l^3 = \frac{Gm^2 c^4}{\hbar^4}.$$

Последнее выражение в формуле получается, если вместо l подставить $l = \hbar/mc$.

Но это еще не все. Оказывается теория требует, чтобы «вакуумная жидкость» об-

ладала давлением, но не обычным давлением, а отрицательным. Лучше поэтому говорить не о давлении, а о натяжении. По абсолютной величине давление должно равняться плотности энергии и быть противоположным по знаку: $P = -\varepsilon$ или, используя соотношение Эйнштейна, $P = -\rho c^2$; $P/c^2 = -\rho$. Это последнее обстоятельство чрезвычайно важно, поскольку именно оно, как мы сейчас увидим, приводит к гравитационному отталкиванию вакуума.

Напомним, что масса однородного шара равна:

$$M = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho.$$

Но, согласно теории Эйнштейна, эта формула справедлива, лишь когда давление вещества пренебрежимо мало по сравнению с величиной ρc^2 . Если это не так, то:

$$M = \frac{4}{3} \pi R^3 (\rho + 3P/c^2).$$

Обычно ρ много больше P/c^2 и слагаемым $3P/c^2$ можно пренебречь. Например, средняя плотность вещества Солнца около $1,4$ г/см³, а среднее давление около $2 \cdot 10^{15}$ дин/см². Отсюда $(3P/c^2) : \rho$ составляет всего 10^{-6} , т. е. пренебрежимо мало. В то же время для давления и плотности энергии гравитационного взаимодействия вакуумных виртуальных частиц:

$$\rho = -P/c^2.$$

«Вакуумная жидкость», естественно, равномерно заполняет все пространство. Поэтому для вычисления гравитационного ускорения, которое она вызывает, можно воспользоваться формулой (1), которую мы вывели для равномерно распределенного обычного вещества, с той лишь разницей, что вместо плотности ρ нужно писать сумму $(\rho + 3P/c^2)$. Но $\rho = -P/c^2$, поэтому

$$\begin{aligned} a_{\text{вак.}} &= -\frac{4}{3} \pi G (\rho + 3P/c^2) R = \\ &= -\frac{4}{3} \pi G (\rho - 3\rho) R = \frac{4}{3} \pi G \cdot 2\rho R. \end{aligned}$$

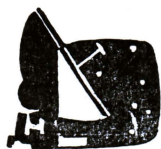
Таким образом, для гравитации вакуума мы получили не притяжение, как для обычной материи, — знак минус в формуле (1), а отталкивание — знак плюс в окончательном последнем выражении. Это отталкивание обусловлено, конечно, тем, что давление вакуума отрицательное, и его надо учитывать, согласно теории Эйнштейна, при вычислении гравитационной силы.

Что касается численного значения величины гравитационного отталкивания вакуума, то теория еще слишком груба, чтобы дать

сколько-нибудь точное значение. Вернее, теории пока еще вовсе нет, есть только первые ее наброски, схематически изложенные выше. Можно только очень приблизительно вычислить величину отталкивания. Для этого, в последнюю формулу надо подставить плотность $\rho_{\text{вак.}} = \epsilon_{\text{вак.}}/c^2$, а затем численные значения констант. Значение констант G , c и $\hbar$ известны с огромной точностью. Не известна масса m виртуальных частиц, а она входит в формулу в шестой степени, и поэтому величина гравитационного отталкивания чувствительна к ее значению. Если вместо m подставить массу протона, то численный коэффициент в формуле (3) для ускорения отталкивания в 10 млн. раз будет превосходить тот, который, по оценкам И. С. Шкловского и Н. С. Кардашева, следует из наблюдений. Если же взять в качестве m массу электрона, то получится величина, в 100 млрд. раз меньшая, чем нужно. Эта огромная неопределенность отражает несовершенство теоретиче-

ских представлений. Но уже тот факт, что численные прикидки дают значения, хотя бы отдаленно похожие на те, что следуют из астрономических наблюдений, указывает, что теория, по-видимому, на верном пути. Заметим, кстати, что первые попытки вычисления плотности энергии вакуума и его гравитационного действия приводили, вообще, к величине, в 10^{46} раз превышающей допустимую из наблюдений, что свидетельствовало о неправомерности прежних попыток.

Итак, на вопрос «гравитирует ли вакуум?» до сих пор нет окончательного ответа. Это — передний край современных физических и астрофизических исследований. Сейчас первые астрономические данные косвенно и еще ненадежно указывают на возможное существование гравитационного отталкивания вакуума. Физики-теоретики под влиянием этих наблюдений пытаются понять, почему вакуум может обладать подобными гравитационными свойствами.

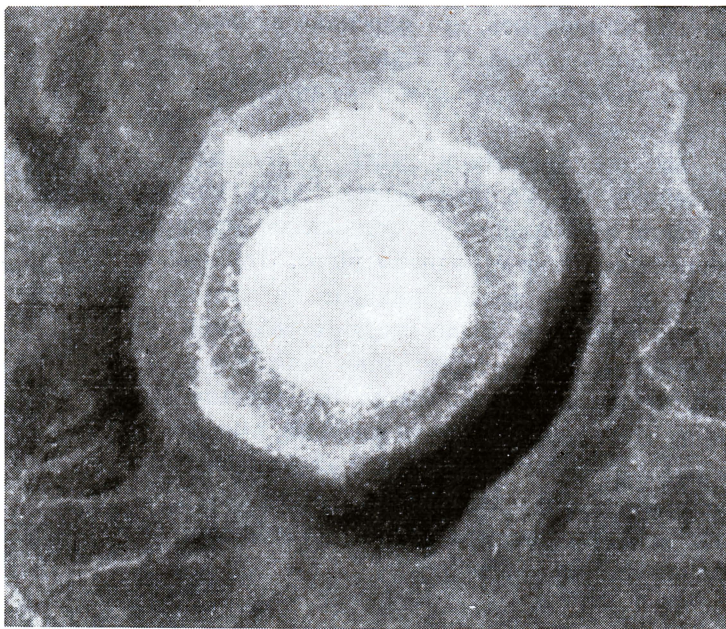


КРАТЕР В САХАРЕ

Это — аэрофотоснимок метеоритного кратера Амгид в Сахаре. На Земле обнаружено уже около 120 космических шрамов, правда, еще не все они изучены. Особенно много кратеров в пустынных областях. Только на территории Алжира, Марокко, Мавритании и Ливии зарегистрировано 13 кратеров. Большинство из них известны только по аэрологической съемке.

В 1968 г. французский геолог Ж. Лефран проник в труднодоступные горы Муйдир (Центральная Сахара), где расположен найденный на аэрофотоснимках кратер Амгид. Это — блюдцеобразная депрессия поперечником 400 м и глубиной 15 м. Кольцевой вал, сложенный блоками песчаника, поднимается над окружающей местностью на 10—12 м. В мае кратер был сухим, но он сообщается с руслами вадей и на дне его имеются отложения суглинка и щебня.

По морфологическим призна-



кам метеоритная природа кратера не вызывает сомнений, но для окончательного доказательства

его космического происхождения необходимо, по-видимому, разведочное бурение.



«Встреча с марсианами»

Читатели нашего журнала знают Доналда Мензела — известного американского астронома и популяризатора, автора переведенных в СССР книг «Наше Солнце» и «Летающие тарелки». Публикуемый перевод небольшой статьи «Встреча с марсианами» [«The Graduate Journal», VII, 1, 1965] знакомит нас с Мензелом — юмористом и графиком.

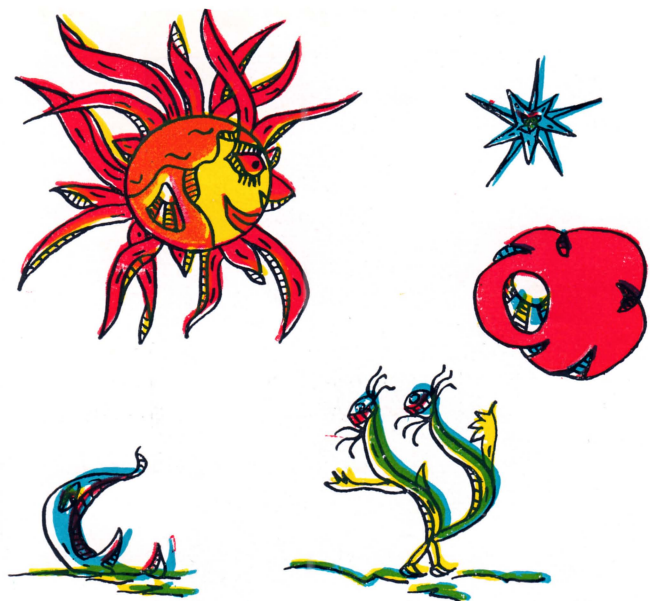
Чаще всего астрономам задают вопрос: «Есть ли жизнь на Марсе?». Хотя мы и полагаем, что жизнь там не слишком широко распространена, внутренний голос подсказывает, что существует некий вид марсиан. До тех пор, пока космический исследовательский аппарат не совершит мягкую посадку на Марс и пока телевизионные камеры не покажут, что делается на поверхности планеты, мы, естественно, не будем иметь никакого представления о марсианских обитателях. Я не верю в сверхчувствительное восприятие, а потому сомневаюсь, что марсиане пытаются установить телепатическую связь с землянами, чтобы передать нам особенности своей наружности.

И все же временами мной овладевает сильнейшее искушение схватить кисть или карандаш и набросать таинственные черты неземных существ с планеты Марс. Это побуждение чаще всего приходит во время многочисленных и разнообразных собраний и заседаний, на которых мне приходится присутствовать. Только самые бесчувственные из моих коллег называли рисунки, выполненные под влиянием искуса и позднее раскрашенные акварелью, просто проявлением одной из форм помешательства, не слишком опасной для окружающих.

ТИПИЧНЫЙ МАРСИАНСКИЙ ЛАНДШАФТ, доказывающий, что обитатели красной планеты чтут Солнце и поклоняются ему. Они также любят свои луны — Деймос и Фобос, любят столь же преданно, как и звезды. Некоторые марсианские облака окрашены красноватой пылью, покрывающей большую часть поверхности Марса и легко переносимой ветром. Другие облака — синие или фиолетовые. Они, вероятно, состоят из мельчайших кристалликов охлажденной углекислоты, парящих на большой высоте. Двуглазые растения на переднем плане относятся, условно, к странствующим

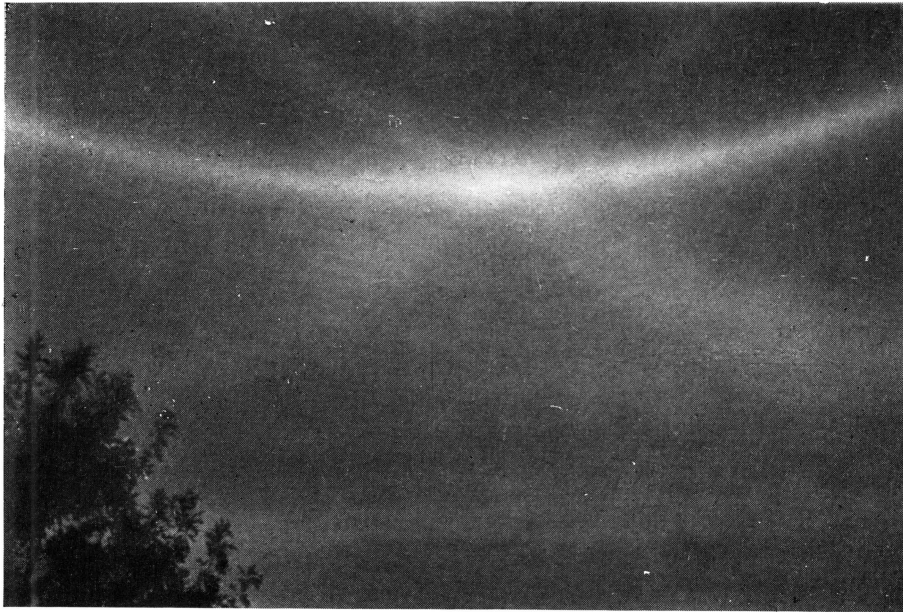
ПТИЦА-МЛЕКОПИТАЮЩЕЕ. Огорчение, страх, зависть, злоба столь же редко украшают обитателей Марса, как и землян. Это существо, озаренное марсианской молнией и явно напуганное страшным громом, испытывает чувство крайней неудовлетворенности ходом заседания, на котором я сделал рисунок. Однако и после этого марсиане мне всегда оставались близкими. Они могут быть непохожими на людей, но они всегда обнаруживают человеческие эмоции

ПОСОЛ МАРСА не нуждается в специальных представлениях. Умное, приятное лицо сделает его желанным гостем на заседаниях сессии Организации Объединенных Планет (президент ООН)





Два необычных гало сфотографировал Е. Эверхарт. Верхний снимок — гало в 23° с мнимым Солнцем. На нижнем снимке видна часть круга, пересекающего Солнце, с антисолнцем и двумя косыми дугами (к статье М. Миннарта)



НЕОБЫЧНЫЕ ИЛИ НЕЗАМЕЧАЕМЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

М. МИННАРТ
профессор

В последние годы многие интересные результаты в атмосферной оптике получены со сложными и точными приборами и благодаря усовершенствованным математическим вычислениям. Поэтому с некоторыми колебаниями я рискую говорить об очень простых явлениях, которые мы наблюдаем невооруженным глазом. Мы склонны допускать, что практически все интересное в этой области многократно обсуждалось. Я надеюсь показать, что это не так.

Для начала сошлюсь на наблюдения множества лунных серпов, опубликованные еще в 1887 и 1900 гг. В любом астрономическом трактате вы найдете, что атмосферная рефракция всегда действует в вертикальном направлении, а так называемая горизонтальная рефракция не существует или крайне мала. Хочу напомнить, что мы измеряем положение звезд с точностью $0'',01$. В данных случаях расстояние между изображениями достигало половины градуса и даже больше; изображения были сдвинуты в различных направлениях; высота Луны над горизонтом в первом наблюдении была около 12° , во втором — 15° .

Я не доверял этим наблюдениям. Однако в 1953 г. Ришар наблюдал незадолго до захода Солнца семь солнц. На этот раз изображения были сфотографированы и на снимке получились совершенно отчетливо; они имели такие же размеры, как само Солнце.

Впоследствии я разыскал старое и недавнее описание двойного Солнца близ захода: два диска были точно один над другим.

Лекция на собрании Американского оптического общества 12 октября 1967 г. «Journal of the Optical Society of America», 58, 3, 1968. Сокращенный перевод Т. В. Мавриной.



МНОЖЕСТВЕННЫЕ лунные серпы

В 1965 г. пассажирка парохода написала мне, что в Индийском океане видела изображение Солнца, которое располагалось слева от почти опустившегося под горизонт Солнца, это же заметили и другие пассажиры, находившиеся на палубе. Пассажирка успела сфотографировать это явление. Она прислала мне очень четкий диапозитив. Я смог его измерить с точностью до $0,01$ мм. Солнце и его изображение были на одинаковой высоте над горизонтом, близко друг от друга ($3',5$); их размеры и сплюснутость соответствовали данной высоте Солнца и условиям нормальной рефракции.

Фотографии необычных оптических явлений рассеивают сомнения в том, что такие явления на самом деле наблюдались. По-ви-



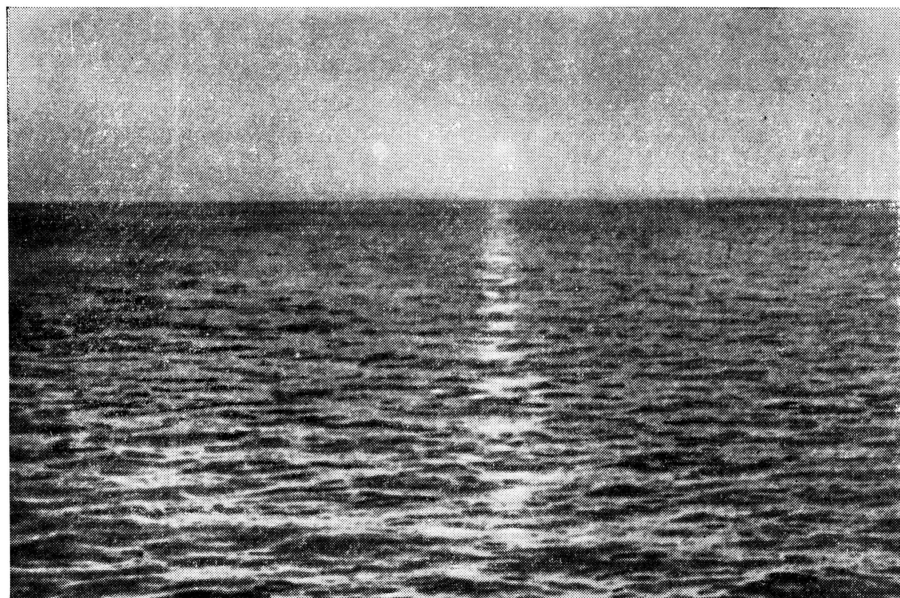
МНОЖЕСТВЕННЫЕ солнечные изображения
Фото Риншара

димому, заслуживает доверия большинство старых наблюдений многократных изображений Солнца и Луны. Мне кажется, что случаи, когда изображения имели одинаковую высоту, относятся к особому виду рефракции. Теория еще не разработана, но для меня это послужило уроком не отвергать наблюдения, хотя они и трудно объяснимы.

Существует так много возможностей, в которые трудно поверить! Многие явления кажутся нам совершенно исключительными или необычными главным образом потому, что мы ими пренебрегаем*. Чтобы показать, насколько разнообразны эти явления, я очень кратко остановлюсь на нескольких, а также укажу области, где возможны интересные наблюдения.

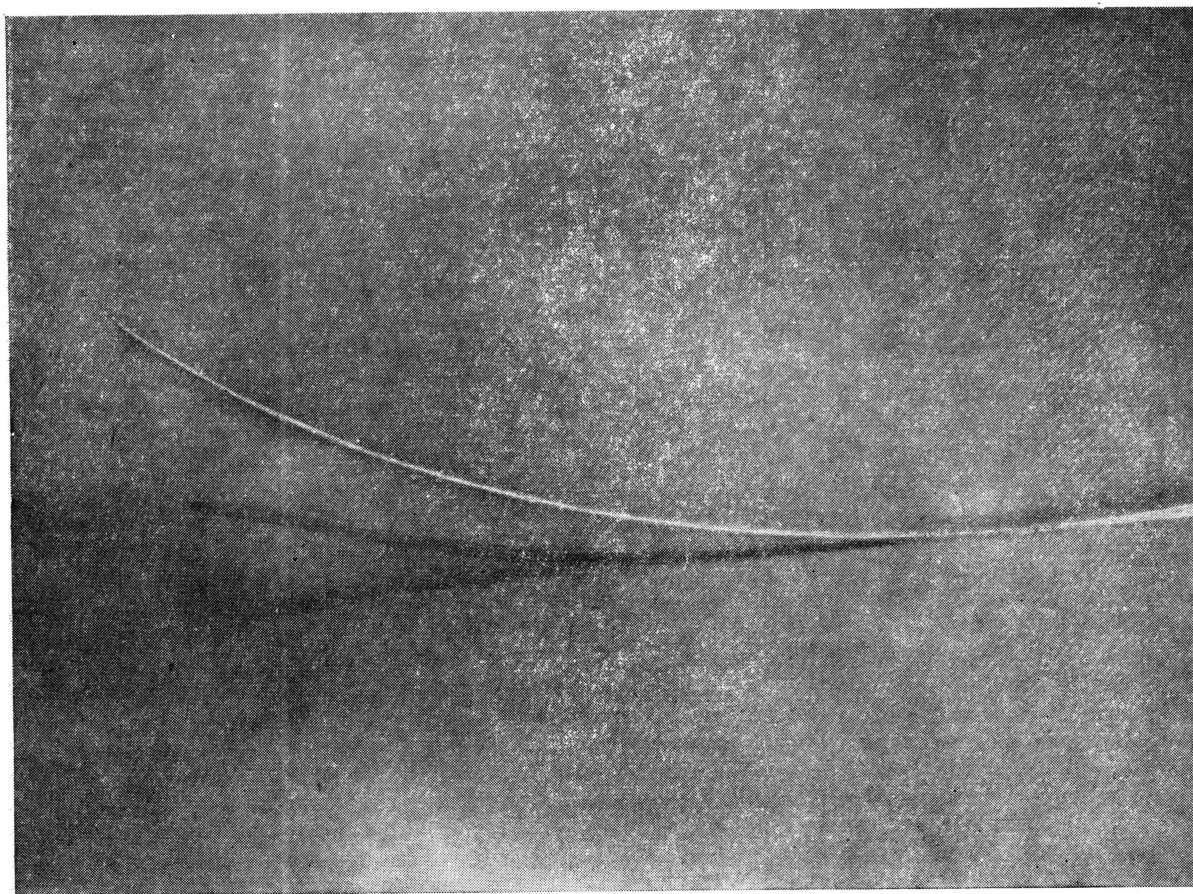
Например, теневые эффекты. У. Ливингстон из обсерватории Кит Пик сфотографировал тень, отброшенную следом самолета на нижележащие облака: через 2 минуты — тень сдвинулась. Другой пример: в лучах восходящего Солнца гора отбрасывает тень на пелену утреннего тумана. Это не что иное, как «броккенский призрак». Еще один эффект можно заметить ночью, наблюдая за тенью столбов или тонких вертикальных предметов на освещенной улице: в направлении, перпендикулярном падающему свету, тень исчезает и вновь появляется, если смотришь из-за столба вдоль световых лучей.

* Примеры таких явлений из различных разделов оптики приведены в книге М. Миннарта «Свет и цвет в природе». Физматгиз, М., 1969 г. (Прим. редакции.)



ДВОЙНОЕ СОЛНЦЕ.
Слева от почти опустившегося под горизонт Солнца видно его изображение — мнимое Солнце

Фото Е. С. Уивер, полученное в Индийском океане



ТЕНЬ СЛЕДА САМОЛЕТА на облаках

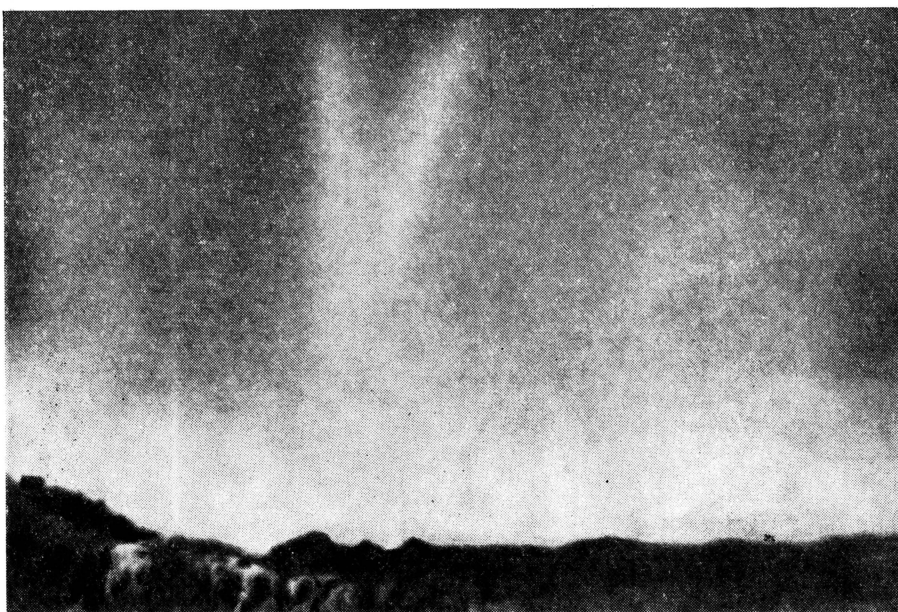
Фото У. Ливингстона

Объяснение простое: булыжная мостовая рассеивает свет анизотропно, преимущественно вперед. Если же смотреть сбоку — мостовая кажется темной и контраст с тенью исчезает.

А теперь вспомним закон отражения света. Однажды на заходе Солнца мы путешествовали по типичному для Голландии луговому ландшафту с многочисленными параллельными каналами, наполненными водой. Они случайно оказались вытянутыми по направлению к заходящему Солнцу. И каждый раз, пересекая канал, мы видели, как над ним в туманном воздухе блеснул световой сноп. Отраженные от воды солнечные лучи рассекали туман светящимися клиньями и рассеивались.

В облачные дни без тумана на облаках можно заметить световые блики, которые на первый взгляд кажутся трудно объяснимыми. Но стоит предположить, что поблизости есть водоем, и происхождение бликов становится понятным. Световые блики на облаках — результат отражения солнечных лучей от водоема, поверхность которого очень спокойна и имеет размеры не менее 1 км, если высота Солнца не превышает 7° .

Сочетание отражения и преломления света в ледяных кристалликах приводит к впечатляющему и хорошо известному явлению гало. На небе, затянутом покрывалом перисто-слоистых облаков, появляются светящиеся дуги и пятна света. Многие из них наблюдаются довольно часто, другие — редко, а



Вертикальный световой столп там, где радуга пересекает горизонт

Фото Ф. Друка

некоторые — крайне редко. Обычное гало представляет собой круг в 22° от Солнца, но наблюдались гало в $7, 9, 12, 20, 25, 28, 33^\circ$ и др. Каждая дуга соответствует определенному преломляющему углу ледяных кристалликов.

Даже сейчас некоторые дуги гало и световые пятна, действительно наблюдавшиеся, остаются необъяснимыми. Некоторые из них видели только раз или два. Прекрасный пример — горизонтальный круг, проходящий через Солнце, с антисолнцем и двумя косыми дугами через него.

Нет сомнений, что нас ждут новые открытия, если мы будем непрестанно наблюдать. Я удивляюсь, почему слабые гало не фотографировались. В Голландии в течение многих лет систематически проводятся наблюдения гало и получено много интересных данных, более богатых, чем в любой другой стране.

Всем знакома радуга. Мы знаем, что она сопровождается вторичной радугой. Нам известно также об изменении ее цветов и многочисленности дуг внутри главной радуги. Радугу можно наблюдать отраженной в озере. Иногда солнечные лучи отражаются прежде, чем они образуют радугу, и мы видим другую радугу, пересекающую первую на концах.

Значительно реже наблюдаются вертикальные столбы света в местах, где радуга приближается к горизонту (только на одном из ее концов). Об этом явлении сообщалось

в 1840 г., и мы вправе сомневаться в надежности наблюдений. Но в 1936 г., почти через 100 лет, эти наблюдения были подтверждены, а явление даже сфотографировано. Единственное объяснение, которое удалось найти, следующее: лучи Солнца отражаются от параллельных волн ряби на водной поверхности, причем направление системы волн должно составлять по азимуту 48° от Солнца (!).

Хорошо известна изысканная раскраска маленьких колец — венцов вокруг Солнца и Луны. Реже такое явление наблюдается в точке, противоположной Солнцу, тогда его называют глорией. Это — сияние и окрашенные кольца вокруг тени головы наблюдателя, когда тень проецируется на пелену тумана. Глорию часто можно увидеть из самолета. Тень самолета на слое облаков, в которых капельки имеют более или менее одинаковые размеры, расцвечена кольцами. Сложную теорию этого явления разработал Ван де Хулст, объяснивший размеры колец и радиальную поляризацию.

Еще одно явление атмосферной оптики — знаменитый зеленый луч Солнца. Когда обстоятельства благоприятны, мы можем увидеть, как верхняя часть солнечного диска за 1—2 секунды до захода меняет оттенок и становится зеленой. Зеленый луч — явление менее редкое, чем обычно думают. Я уверенно наблюдал его 20 раз. Иногда, но крайне редко, цвет менялся от зеленого к голубому, а затем становился фиолетовым. Наблюдался

зеленый луч от Луны и ярких планет — Венеры, Юпитера и Сатурна. Зеленый луч видели из самолета над морем или над отдаленными горными хребтами. Его можно наблюдать и при восходе, хотя значительно реже. Объяснение зеленого луча представляется надежно установленным. Атмосферная дисперсия развевывает последние солнечные лучи в спектр; оранжевые и желтые лучи поглощаются водяным паром; релеевское рассеяние ослабляет фиолетовые и голубые лучи, так что фактически остаются лишь красные и зеленые. В момент, когда последний сегмент солнечного диска опускается под горизонт, красные лучи также исчезают под горизонтом. Очень интересны полученные недавно спектры с фотометрической калибровкой. Эти спектры свидетельствуют, что зеленый луч, по-видимому, обязан своим происхождением аномальной рефракции.

Известны старые наблюдения зеленого луча португальским офицером Гаго Континхо. Он видел зеленую вспышку от далекого маяка, находясь на расстоянии 50 км. Такой зеленый луч может наблюдать каждый и как угодно долго. Я не знаю, почему этот эксперимент не повторяли.

Редкая разновидность зеленого луча — вертикальная струя, поднимающаяся из зеленого сегмента заходящего Солнца. Она возникает на 1—2 секунды. Я сам никогда этого не видел. Боюсь, что есть лишь одно описание этого явления. Его наблюдал голландский морской офицер Лагай. Есть слабый намек на существование зеленой струи в рисунках Шредера (1937 г.). Невероятно, что в громадной литературе о зеленом луче почти нет достоверных сведений о струе. Интересно было бы подтвердить единственное описание этого явления, которое могло возникнуть благодаря аномальным градиентам плотности.

Красный луч наблюдался много раз, когда солнечный диск медленно опускался за очень далекую гряду облаков, нижняя граница которых резко очерчена. В момент, когда солнечный диск вновь появляется из-под облаков, виден красный ободок. Однако красный луч менее эффектен, чем зеленый.

Наблюдения зеленого Солнца или зеленой Луны, голубого Солнца или голубой Луны не имеют никакого отношения к зеленому лучу и могут быть объяснены, как мне представляется, двумя совершенно различными причинами. При заходе Солнца Луна среди оранжевых или пурпурных облаков кажется нам голубой или красной — это следствие визуального контраста. Наблюдаемые измене-

ния цвета Солнца реальны. Они появляются благодаря протяженным облакам мелких частиц (доли микрона), довольно однородных по размерам, что приводит к выборочному ослаблению некоторых цветов. Одно из недавних наблюдений аномальной окраски относится к 1950 г., когда дым лесного пожара, случившегося в штате Альберт (Канада), распространился над огромными территориями Европы.

С интерференцией света связано появление удивительно насыщенных цветов в тонком слое льда на оконном стекле. Я утверждаю, что это явление существенно отличается от обычной интерференции цветов в тонких пленках. Цвета видны только при прохождении и не видны при отражении: кроме того, они так ярки, что вы невольно убеждаетесь в необычности явления. Как только температура упадет ниже -10°C , явление можно наблюдать очень легко: достаточно подышать на тонкую холодную стеклянную пластину. Цвета появляются, когда ледяной слой имеет толщину около 0,1 мм, спустя несколько минут слой становится очень толстым и эффект исчезает. Интересно, что источник света тоже кажется окрашенным (в отличие от того, что мы видим, наблюдая венцы у Луны). Последовательно видны коричневый, пурпурный, голубой и зеленый цвета. Вокруг источника появляется ореол дополнительного цвета с радиусом около 1° . Удивительно наблюдать ярко-розовый цвет покрытых снегом крыш, в то время как окружающие, более темные, детали ландшафта кажутся зелеными. Если стеклянную пластину наклонить, цвета изменятся, как если бы увеличилась толщина слоя льда. Более правдоподобно объяснить эти оптические особенности можно, допустив, что ледяной слой имеет структуру, по определению Р. Вуда, «смешанных пластинок». Предполагается, что ледяной слой состоит из микроскопических «хлопьев» льда более или менее одинакового размера, разделенных воздушными прослойками. Свет дифрагирует на этих микроскопических элементах: для лучей, падающих под определенным углом, различие в геометрических путях точно соответствует физическому запаздыванию (лед—воздух) и волны будут в фазе, по крайней мере, для определенного цвета. Свет, который гасится в направлении изображения, вновь появляется в дифрагированном ореоле. Теперь становится понятным, почему каждая маленькая область пластинки бывает яркой только на определенном расстоянии от источника и имеет свой собст-

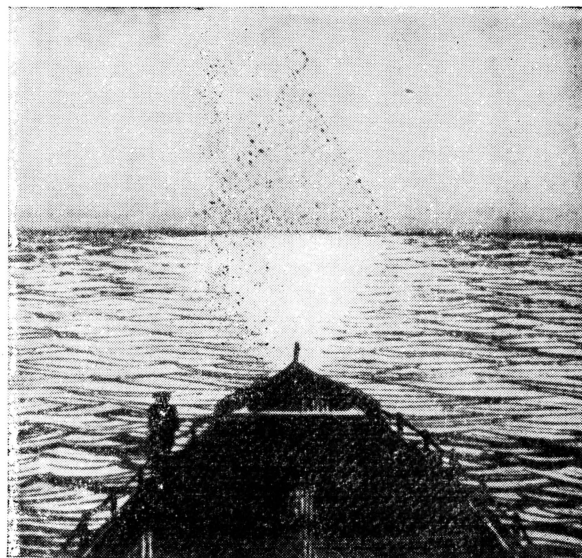
венный цвет. Это явление, насколько мне известно, упоминается в литературе только дважды, но даже и в тех двух статьях рассматривается очень поверхностно.

Аналогичны ли цвета на замерзшем стекле явлению радужных облаков? Высокие кучевые облака иногда приобретают прелестные перламутровые оттенки. Цветные полосы или концентрические круги часто повторяют форму облаков. Раньше считали, что цветные полосы — это части венцов, а расстояние их от Солнца и цвет зависят от размеров капелек или ледяных игл в облаках. Недавно появилось новое объяснение, принадлежащее Десенсу. Пусть облака состоят из множества ледяных хлопьев толщиной не более 1—2 мк. Каждый солнечный луч отражается частично передней стороной хлопьев, частично — задней; в направлении, где оба компонента будут в фазе (для одного определенного цвета), цвет становится видимым.

Я хочу обратить ваше внимание на двойное преломление света и связанную с ним поляризацию. Шоферы, пользующиеся солнцезащитными очками с поляроидами, знают, как часто появляются на ветровом стекле надоедливые бело-голубые пятна, образующие более или менее регулярный рисунок. Они видны особенно четко в ясные дни и под прямым углом к Солнцу. Это — результат поляризации света неба: очки являются анализатором, а ветровое стекло действует как кристалл с двойным лучепреломлением. В других случаях, когда небо затянуто облаками, мы видим рассеянный свет, отраженный от мокрой мостовой. При этом поляризация света достаточна, чтобы обнаружить на ветровом стекле рисунок воздушных струй, которыми охлаждаются стекло при изготовлении. Эффект настолько велик, что мы можем его видеть без поляроидных очков, если смотреть в очень косом направлении через окно; преломление тогда вызывает значительную поляризацию.

Для тех, кто любит наблюдать оптические явления, глаз и свойства зрения составляют часть явления. Поэтому я хочу привлечь ваше внимание к наблюдениям в области физиологической оптики. Они могут быть выполнены на открытом воздухе.

В 1858 г. Мартин описал совершенно необычный случай. Отражение Луны на поверхности волнующегося моря представляло собой светящийся треугольник. А на небе, затянутом легкой дымкой, возник такой же, только темный треугольник, симметричный относительно нижнего яркого. Я должен признаться, что склонен был не верить этому на-



КОНТРАСТНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК, который наблюдал Мартин в 1858 г.

блюдению и даже хотел выбросить упоминание о нем из своей книги. Но как раз в это время я получил письма, подтверждающие это наблюдение. Нам удалось отыскать изображение темного треугольника на почтовой открытке и на картинах художников.

Четкий темный треугольник можно увидеть лишь на туманном, не совсем темном фоне неба. Это, без сомнения, эффект контраста. Темное основание треугольника появляется спустя примерно 10 секунд после начала наблюдения, затем треугольник медленно растет и через 5 секунд достигает Луны. Если яркий треугольник на море заслонить, — темный также исчезнет. Эти контрастные явления были в конце концов легко поняты: мы видим очень неопределенные очертания и в нашем сознании рождается геометрическая фигура, наиболее точно передающая этот образ.

Очень интересны различия в восприятии мерцания в зависимости от того, наблюдает ли мерцание центральная часть поля сетчатки или периферическое поле глаза. Я вспоминаю, как наблюдал много лет назад мерцающую лампочку близ Ниагарского водопада. Частота электрического тока была очень низкой. Мерцание исчезало, когда я смотрел неподвижно на источник света. Аналогичные наблюдения можно проделать с газосветными лампами, которым свойственно мерцание.

Очень любопытно следить за пропеллером самолета, когда он медленно вращается перед стартом или когда его вращение замедляется после посадки. Если смотреть прямо — лопасти едва различаются, периферическим зрением — вы увидите их отчетливо, но вращение покажется примерно в 2 раза более медленным. Удивительно, как направление взгляда влияет на оценку времени! Размытость ассоциируется с быстрым, а четкое изображение — с медленным вращением.

На восприятие цветов сильно влияет окружающая среда. Смотря через трубку, совершенно черную внутри, с единственным маленьким отверстием на конце, мы часто бываем удивлены тем, что оттенки отдельных объектов отличаются от ожидаемых. Близкие объекты кажутся сочно окрашенными. Я считаю, что это связано с подавлением рассеивающегося внутри глаза света неба и окружающих предметов. Более далекие объекты выглядят синеватыми. Откосы гор, которые мы привыкли считать коричневыми, зелеными, желтыми, теперь кажутся коричневатосиними, зеленоватоголубыми, сероголубыми. Нет сомнений, что эти цвета — верные. Очевидно, в силу физиологических или психологических эффектов мы как бы вычитаем общую голубую вуаль из всех цветовых ощущений. Возникает вопрос, какими средствами художник может передать верное впечатление от пейзажа? По-моему, он должен

писать красками, которые в отдельности кажутся голубоватыми. Только в этом случае художник достигнет передачи расстояния, воздушной перспективы.

Этих примеров, редко обсуждаемых в литературе, вполне достаточно, чтобы показать, как много еще нужно наблюдать в ландшафте. Описания исключительных оптических явлений мы чаще находим в старой литературе. Кажется, что современные ученые, пользующиеся сложными приборами, пренебрегают простыми методами наблюдений.

В большинстве случаев я мог предложить объяснение. Но, как уже говорилось, мы и сейчас можем услышать о явлении, которое хорошо описано, но еще очень трудно для объяснения. Часто эта трудность исчезает, когда нам представляется возможность наблюдать явление своими глазами. Позвольте мне привести фотографию (см. 3-ю страницу обложки), которая кажется очень трудной для понимания. На ней видна вертикальная полоса света высоко в небе над током воздуха из печи. Сделана фотография в районе Питсбурга. Вероятно, кто-либо сможет объяснить это удивительное явление.

Я буду благодарен, если мне помогут в расширении моей коллекции оптических наблюдений.



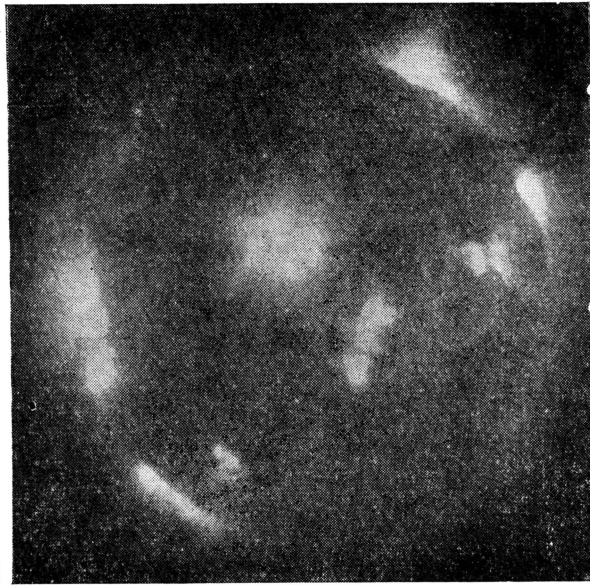
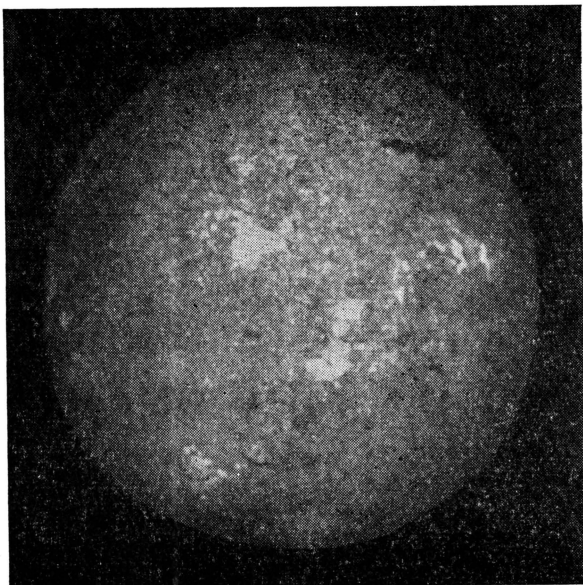
РЕНТГЕНОВСКАЯ ФОТОГРАФИЯ СОЛНЕЧНОЙ ВСПЫШКИ 8 июня 1968 г.

8 июня 1968 г. в 17 часов 40 минут всемирного времени ракета «Аэроб» подняла на высоту 120 км новый рентгеновский телескоп. Было сделано 12 экспозиций длительностью от 2 до 52 секунд («Sky and Telescope», 37, 1, 1969). В это время на Солнце происхо-

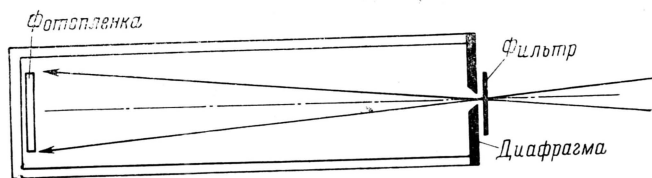
дила сравнительно мощная вспышка, которая наблюдалась на многих обсерваториях. Ученые смогли сравнить наземные и рентгеновские фотографии Солнца. На рентгеновских фотографиях, снятых с короткими экспозициями, хорошо видна тонкая волокнистая

структура вспышки, совпадающая с конфигурацией магнитных силовых линий.

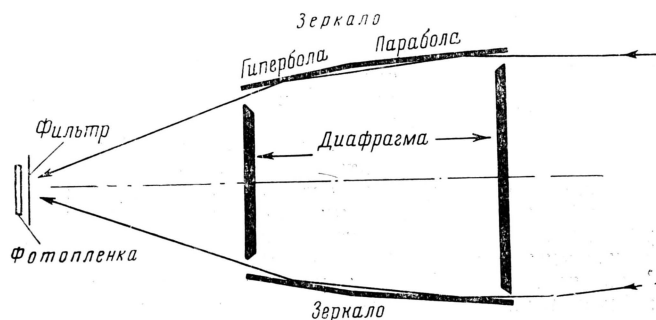
Сфотографировать Солнце в рентгеновской области с помощью обычного телескопа невозможно, потому что рентгеновские лучи практически не отражаются от зеркал. Рентгеновский телескоп принципиально отличается и от камер-обскура, с которыми были получены первые рентгеновские фотографии Солнца (см. «Зем-



ФОТОГРАФИЯ СОЛНЦА в водородной линии H_α (слева) и в рентгеновской области спектра (справа). Оба снимка сделаны 8 июня 1968 г. в один и тот же момент. Немного выше центра Солнца видна яркая вспышка. Энергия, выделившаяся при этой вспышке, составляла $10^{30} - 10^{31}$ эрг. Примерно такое же количество энергии выделяется при взрыве миллиарда мегатонных водородных бомб. Другие яркие детали на диске Солнца — флоккулы. Свечение, заметное в верхней правой части рентгеновской фотографии, вызвано флоккулами, которые появились на диске Солнца лишь два дня спустя



КАМЕРА-ОБСКУРА — цилиндр, на одном конце которого находится фотопленка, а на другом — диафрагма с маленьким отверстием в центре. Фильтры позволяют выделить требуемую область рентгеновского спектра. Чем меньше отверстие, тем больше деталей можно увидеть на фотографии и тем продолжительнее экспозиция



РЕНТГЕНОВСКИЙ отражательный телескоп

ля и Вселенная», № 4, 1967 г., стр. 2). Американские ученые Г. Вайана, У. Рейди, Т. Ценффенинг, Л. Ван-Спейбрук и Р. Джиккони использовали в конструкции этого телескопа свойство рентгеновских лучей при скольжении падения (менее 1°) отражаться от металлической поверхности. Они построили рентгеновский отражательный телескоп с зеркалом, одна часть которого представляет параболоид вращения, а другая — гиперболоид. Лучи сначала отражаются параболоидом, а затем гиперболоидом. Такое последовательное отражение позволяет уменьшить aberrации и фокусное расстояние телескопа. Если разрешение камеры-обскуры не превышало 1 минуты дуги, то новый рентгеновский телескоп обеспечивает разрешение до 2 секунд дуги. В фокусе телескопа можно устанавливать различные комбинации фотопленок с фильтрами и дифракционными решетками, что позволяет грубо изучить спектр рентгеновского излучения отдельных областей солнечной поверхности.

С. Б. ДОСТОВАЛОВ

Системы управления телескопами

Н. Н. МИХЕЛЬСОН

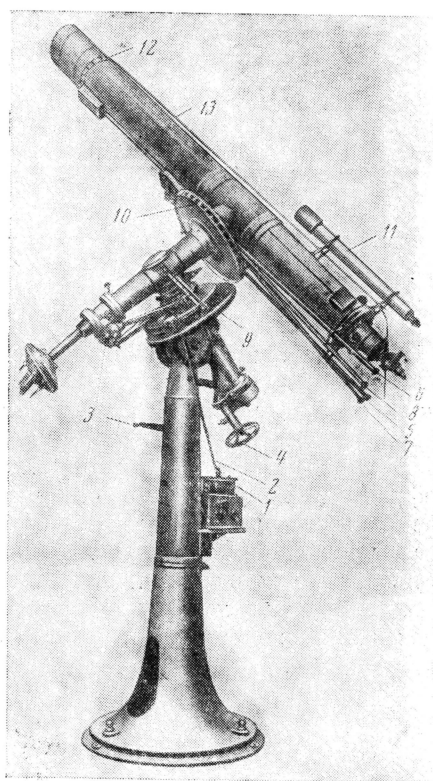
кандидат физико-математических наук

Вероятно, каждый замечал, как трудно направить бинокль в нужную точку неба: необходима сноровка, чтобы в поле зрения попал интересующий вас объект, особенно если он слабый. Еще сложнее найти слабый объект в телескоп, поле зрения которого очень мало. Чтобы облегчить эту задачу, телескоп снабжают разделенными кругами. Если координаты объекта известны, то, установив их на кругах, астроном направит телескоп на этот объект.

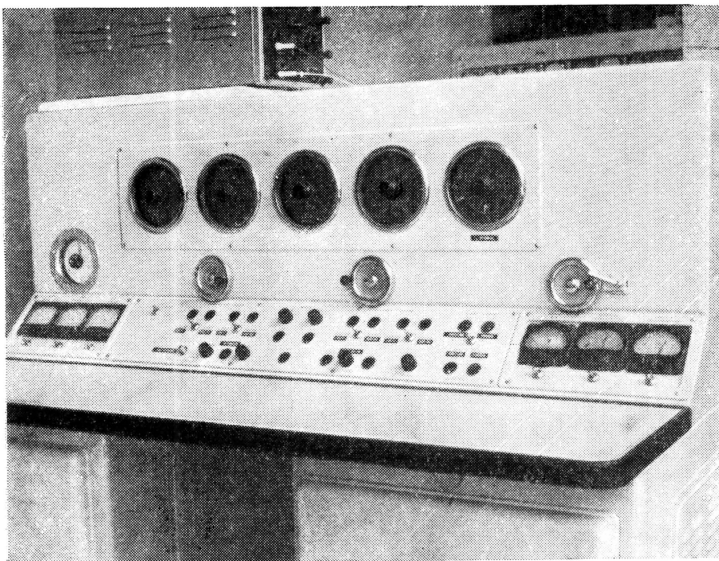
Небольшие телескопы имеют очень простую систему управления. Часовой механизм (обычно гиревой) через набор шестерен и червячный винт в паре с червячной шестерней поворачивает телескоп со скоростью суточного вращения небосвода. К окулярному концу трубы выведены четыре ручки, называемые ключами. Две из них скрепляют трубу телескопа с осями, а две другие, соединенные с микрометрическими винтами, предназначены для небольших исправлений положения телескопа. Кроме того, на главной трубе телескопа, параллельно ее оптической оси, укрепляется небольшой телескоп с малым увеличением, но большим полем зрения — искатель, который и служит для поиска объекта. Установив телескоп по кругам, астроном поворотом ключей приводит интересующий его объект в центр поля зрения искателя, только тогда объект попадает и в поле зрения главной трубы.

Телескопы, предназначенные для фотографирования неба (астрографы), кроме искателя имеют еще одну вспомогательную трубу — гид. Это — более длиннофокусная, чем искатель, труба. Иногда ее фокусное расстояние даже равно фокусному расстоянию астрографа. У гида сильный окуляр с

Продолжение серии статей «Любителям астрономии — о телескопах». Начало см. «Земля и Вселенная», № 4, 5, 6, 1968 г.; № 1, 2, 3, 1969 г.



СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ небольшим рефрактором: 1 — гиревой часовой механизм; 2 — карданный валик для передачи вращения часового механизма к телескопу; 3 — ручка для завода часового механизма; 4 — привод грубого движения полярной оси; 5 — зажим оси склонения; 6 — ключ тонкого движения по склонению; 7 — зажим полярной оси; 8 — ключ тонкого движения вокруг полярной оси; 9 — лимб часовых углов; 10 — лимб склонений; 11 — искатель; 12 — крышка объектива; 13 — тросик для открывания крышки объектива



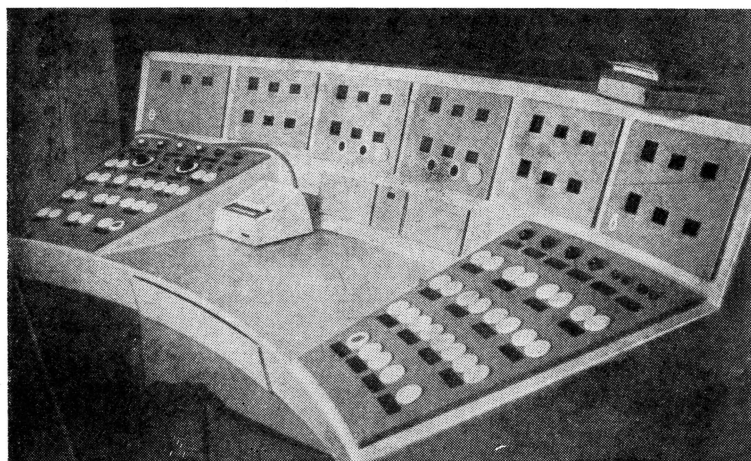
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПУЛЬТ управления советским менисковым телескопом АЗТ-16. Телескоп установлен в Чили. Видны шкалы для отсчета координат, ручки для предварительного задания координат и многочисленные кнопки и переключатели для управления телескопом

крестом нитей. Во время всей экспозиции, а она может продолжаться многие часы и даже всю ночь, астроном, наблюдая в гид, контролирует положение звезды на кресте нитей. Если потребуется, он может с помощью ключей подправить положение телескопа. А это приходится делать довольно часто из-за ошибок хода часового механизма, ошибок червячной пары, гнущия инструмента и, главное, непрерывно меняющейся атмосферной рефракции. Такое гидирование — утомительное занятие, и чтобы как-то облегчить его, был предложен так называемый секундный контроль: ход часового механизма непрерывно контролируется и регулируется электрическими импульсами, по-

ступающими один раз в секунду (или один раз в две секунды) в специальное устройство. Однако таким образом удастся устранить влияние только ошибки регулировки и хода часового механизма.

В современных больших рефлекторах с несколькими оптическими схемами ключи практически не применяются. На помощь астрономам пришла электротехника и электроника. Сначала гиревой часовой механизм снабдили устройством для автоматического подзавода от электродвигателя. А затем гиревые механизмы были вытеснены синхронными электродвигателями, питаемыми переменным током высокостабильной частоты. Стабильность частоты обеспечивается тем, что

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПУЛЬТ управления 2-метровым рефлектором Шемазинской обсерватории (изготовитель — Народное предприятие Карл Цейсс в ГДР). Через небольшие окошки на пульте астроном отсчитывает показания установленных за ними шкал; справа — кнопки управления приводами телескопа, слева — кнопки управления вспомогательными механизмами



в качестве генератора служат кварцевые часы. Колебания кварца, как известно, очень постоянны и мало зависят от внешних влияний. Ключи были заменены электродвигателями, которые управляются кнопками — клавишами, смонтированными в небольшой коробочку. Она соединяется с телескопом гибким кабелем, поэтому астроном может держать ее в руке, повесить к телескопу или положить в карман. Нажав соответствующую кнопку, астроном изменяет положение телескопа. Переключатель на клавише или несколько клавиш позволяют вращать телескоп с разными скоростями: быстро — грубое наведение на звезду; более медленно — точное наведение и, наконец, совсем медленно — тонкая коррекция при гидировании. Пользуясь электрическими клавишами, можно управлять телескопом из разных мест: главного фокуса, фокуса Кассегрена, из помещения фокуса куда и т. п. Чтобы исключить возможность аварии при случайном нажатии разных кнопок, имеется специальная система блокировок. Другая система блокировок автоматически выключает двигатели телескопа, когда труба направлена на горизонт.

Отсчет положения крупного телескопа по лимбам неудобен. Изобретенная около 30 лет назад дистанционная электрическая передача углов с помощью сельсин-ов позволила сосредоточить управление телескопом на центральном пульте (ЦПУ). Сельсин-связь — это две электрические машины, внешне напоминающие небольшие моторы. Одна из них называется датчиком, другая — приемником. Сельсин-датчик установлен на телескопе, и когда он вместе с телескопом поворачивается, в нем генерируется напряжение, поступающее по проводам в сельсин-приемник. Это напряжение вызывает в сельсин-приемнике механический момент, заставляющий его поворачиваться до тех пор, пока он не придет в согласие с сельсин-датчиком. На роторе сельсин-приемника укреплен лимб, по которому производится отсчет положения телескопа. Один сельсин-датчик может быть подключен к нескольким сельсин-приемникам, установленным в разных местах: на центральном пульте управления и на вспомогательных пультах, которые размещаются на подъемных наблюдательных площадках и в помещениях фокуса куда.

Облегчить наиболее трудоемкую работу — гидирование — помогла автоматика. Сейчас разработано несколько систем фотогидов. Рассмотрим принцип действия одного из них.

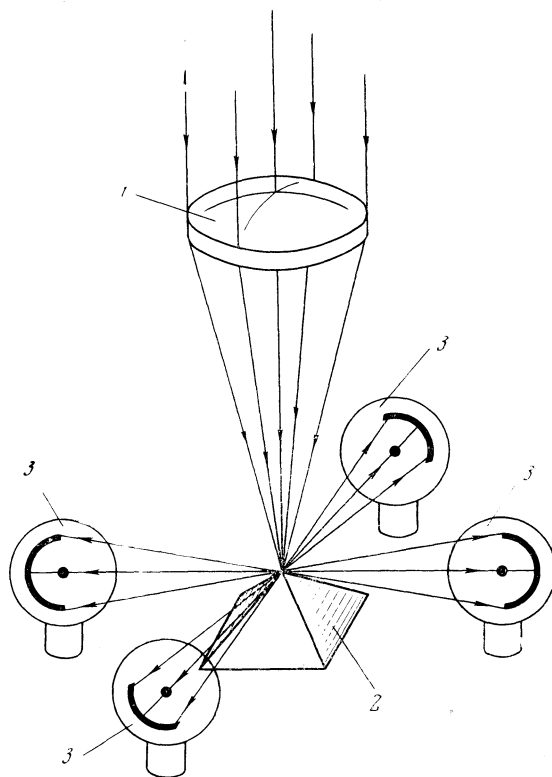


СХЕМА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЕДЕНИЯ телескопа («фотогид»): 1 — объектив телескопа; 2 — светоделительная призма; 3 — светоприемники (обычно фотоумножители)

Свет от звезды, по которой ведется гидирование, концентрируется на вершине зеркальной пирамиды. Грани пирамиды отражают свет на четыре фотоумножителя, которые включены попарно в две мостиковые схемы. Если изображение звезды с вершины пирамиды сместилось в ту или другую сторону, то соответствующий фотоумножитель получит большее количество света, а противоположный — меньше, равновесие мостика нарушится и он подаст сигнал на двигатель тонкой коррекции телескопа. Двигатель подправит положение телескопа и вернет изображение звезды на вершину пирамиды. Такая система, как известно, называется следящей.

В современных крупных телескопах широко используется автоматика, счетно-решающая техника и даже цифровые вычислительные машины.

Особенно сложна система управления 6-метровым телескопом. Он установлен на

альт-азимутальной* монтировке, а видимый небосвод вращается, как это читателям хорошо известно, вокруг оси мира. Для наведения телескопа на звезду и точного слежения за нею будет использована электронная цифровая управляющая машина (ЭЦУМ). В нее от специальных часов цифровым кодом будет непрерывно вводиться звездное время, а с центрального пульта — экваториальные координаты нужного объекта (прямое восхождение и склонение). В соответствии с полученными координатами, телескоп поворачивается вокруг вертикальной и горизонтальной осей, а кассета — вокруг оптической оси

* Альт-азимутальной называется такая установка, когда для наведения на нужную область неба телескоп поворачивают около вертикальной и горизонтальной осей. (Прим. редакции.)

телескопа, чтобы скомпенсировать неизбежное в альт-азимутальной монтировке вращение поля. От специальных датчиков будут поступать сведения об атмосферном давлении и температуре воздуха, необходимые для расчета атмосферной рефракции. Эти данные будут кодироваться в цифровую форму и вводиться в ЭЦУМ, вырабатывающую соответствующие поправки к положению телескопа. ЭЦУМ будет учитывать гнутие трубы телескопа, ошибки механизмов, передающих движение к трубе, а также управлять куполом, который должен непрерывно поворачиваться вслед за трубой телескопа. Современные средства электроники, автоматики, телемеханики, цифровой техники позволяют облегчить труд астронома, повысить качество наблюдений и производительность труда.

САМЫЕ ТОЧНЫЕ МАЯТНИКОВЫЕ ЧАСЫ В МИРЕ

Образцовые маятниковые астрономические часы АЧФ-3 — экспонат советского павильона Международной выставки «Современные средства автоматизации производственных процессов». Эти часы применяются в астрономических обсерваториях и поверочных учреждениях для проверки

хронометров, секундомеров и других приборов для измерения времени. Среднеквадратическая вариация суточного хода АЧФ-3 $0,2-0,3$ мсек/сутки или в относительном выражении $(2-3) \cdot 10^{-9}$.

Под колпаком барокамеры, в которую помещены часы, поддерживается давление $3-5$ мм рт. столба. Источником питания часов служит окисно-ртутный элемент (1,4 в), который при емкости в $2,5$ а·ч обеспечивает непрерывную работу часов на протяжении $3-4$ лет.

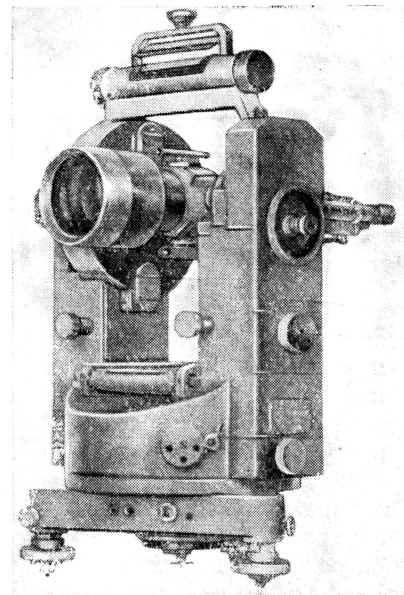
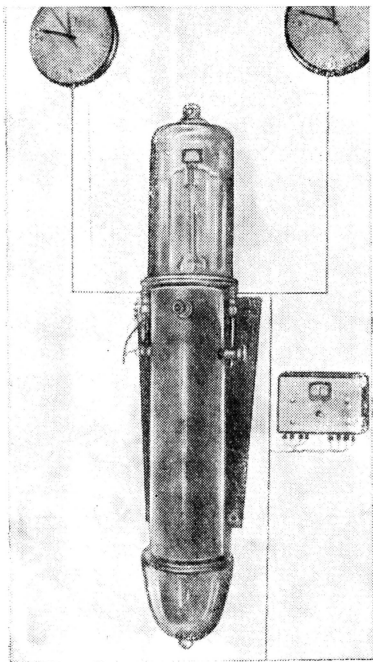
Колебания маятника часов поддерживаются короткими одно-сторонними электромагнитными импульсами, вырабатываемыми импульсным механизмом часов. Импульсы подаются в момент прохождения маятником положения равновесия. Маятник имеет эффективную систему термокомпенсации, обеспечивающую высокую точность хода часов.

ВЫСОКОТОЧНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ТЕОДОЛИТ Т-05

Теодолит Т-05 экспонировался на Международной выставке «Современные средства автоматизации производственных процессов». Теодолит предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов на пунктах триангуляции и полигонометрии 1 класса со средней квадратичной инструментальной

ошибкой измерения угла одним приемом $\pm 0'',5$.

Увеличение зрительной трубы, имеющей сменные окуляры, $62\times$, $50\times$ и $37\times$. Разрешающая способность трубы $2'',2$. Диаметр свободного отверстия объектива 64 мм, длина главной трубы 375 мм. Диаметры горизонтального и вертикального кругов соответственно равны 180 мм и 130 мм, наименьшее деление кругов $10'$. Цена деления окулярного микрометра $1''$.



ЯДЕРНЫЕ ПЛОТНОМЕРЫ

Е. М. ФИЛИПОВ

доктор геолого-минералогических наук

Интенсивное развитие ядерной техники позволило создать разнообразные ядерные «весы» — плотномеры. О принципе действия этих приборов читатель узнает из публикуемой статьи.

ЯДЕРНЫЕ «ВЕСЫ»

До последнего времени плотность **горных пород и полезных ископаемых** измеряли методом гидростатического взвешивания. Вес породы определяли последовательно в воде и воздухе. Основным методом изучения плотности почв и грунтов считался метод «режущего кольца». Специальными кольцами, объем и вес которых известен, «вырезают» образец грунта, а объемную плотность извлеченного грунта устанавливают простым взвешиванием. Однако оба эти способа довольно трудоемки и малопроизводительны, особенно при исследовании пористых и рыхлых сред.

Ученых давно занимала мысль: а что если использовать гамма-лучи? Ведь гамма-лучи, подобно рентгеновским, способны проникать сквозь большие толщи вещества... Просвечивая различные материалы гамма-лучами, можно выявить и скрытые в них дефекты.

В геофизической практике для определения плотности горных пород и грунтов (в СССР и за рубежом) все чаще применяются плотномеры, использующие кобальт-60 или цезий-137 как источники гамма-излучения. Эти изотопы имеют сравнительно высокую энергию излучения (1,25 и 0,66 Мэв) и сравнительно большие периоды полураспада (5,3 года и 30 лет).

Взаимодействие излучения изотопов с горными породами и грунтами приводит в основном к рассеянию гамма-квантов на электронах атомов в результате эффекта Комптона. Интенсивность прошедшего и рассеянного породой излучения пропорциональна количе-

ству электронов в веществе, которое в свою очередь пропорционально плотности этого вещества. Таким образом, по интенсивности проходящего или рассеянного породой гамма-излучения можно судить о ее плотности (как бы взвешивать породу). В соответствии с этим, ядерные плотномеры подразделяются на два типа: **гамма-плотномеры и гамма-гамма-плотномеры**. Гамма-плотномеры основаны на измерении преимущественно первичного излучения, просвечивающего породу, а гамма-гамма-плотномеры — на облучении среды потоком первичного гамма-излучения и регистрации рассеянного от нее вторичного гамма-излучения.

ЯДЕРНОЕ «ШИЛО»

Для определения плотности отбираемых образцов пород и грунтов чаще применяются просвечивающие гамма-плотномеры. Регистрация излучения, прошедшего через образец, на первом этапе исследования осуществлялась газонаполненными счетчиками Гейгера-Мюллера, а затем для этой же цели стали применяться сцинтилляционные счетчики. Под действием радиоактивного излучения в люминофоре сцинтилляционного счетчика возникают вспышки света. Они регистрируются фотоэлектронным умножителем. Регистрация импульсов тока с фотоумножителя осуществляется специальными радиотехническими устройствами — радиометрами.

Для облучения исследуемой пробы узким пучком гамма-лучей источник и приемник излучения помещают в свинцовые блоки с

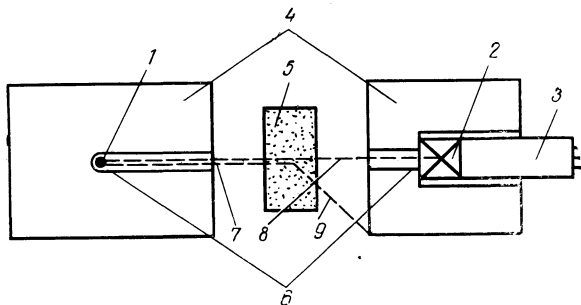


СХЕМА ЯДЕРНЫХ «ВЕСОВ» для определения плотности образцов постоянной толщины: 1 — источник гамма-лучей; 2 — люминофор, регистрирующий излучение, проникшее через вещество; 3 — фотоэлектронный умножитель. Он «считает» световые вспышки, возникающие в люминофоре под действием гамма-лучей; 4 — свинцовые экраны (блоки), в которых помещаются источник и приемник гамма-лучей; 5 — изучаемое вещество; 6 — коллимационные отверстия у источника и приемника гамма-лучей; 7 — пучок гамма-лучей, выходящий из коллиматора источника; 8 — пучок гамма-лучей, проникших сквозь образец горной породы; 9 — пучки гамма-лучей, рассеянных в породе

узкими цилиндрическими отверстиями (коллиматорами). Блок источника защищает оператора от действия излучения. Свинцовый блок приемника изолирует счетчик одновременно от действия постороннего излучения и гамма-лучей, рассеиваемых окружающими предметами, и т. д. Благодаря свинцовым блокам с коллиматорами удастся создать узконаправленный пучок гамма-лучей. Этот пучок, подобно своеобразному «шпилю», пронизывает любое вещество, не оставляя в нем следов.

Гамма-лучи, проходя через вещество и частично рассеиваясь на электронах атомов, отклоняются от первоначального пути и не все достигают приемника излучения. Чем больше плотность вещества и его толщина в месте просвечивания, тем меньше число гамма-лучей, попадающих в приемник. Для образцов одной и той же толщины число зарегистрированных гамма-квантов однозначно связано с изменением плотности образцов. (На этой основе строят градуировочные кривые, которые используются при определении плотности.)

Для определения плотности породы, образцы которой имеют неправильную форму, каждый раз приходится определять толщину образца в месте просвечивания, что сопряжено со многими неудобствами. Поэтому в лаборатории ядерной геофизики Института

геологии и геофизики Сибирского отделения Академии наук СССР была разработана специальная гамма-просвечивающая установка. Свинцовые блоки, обращенные к образцу, в этой установке выполнены в виде конусов и укреплены на общей раме так, что блок источника может по ней перемещаться. Зажимая образец между стальными наконечниками конусов, определяют его плотность, а по нониусной шкале — толщину образца с точностью до 0,1 мм. Просвечивая образцы, можно определять их плотность в нескольких местах и по разным направлениям. Аналогичные установки применяются не только для определения плотности, но и для определения влажности и пористости образцов.

«ВЗВЕШИВАНИЕ» ГОРНЫХ ПОРОД БЕЗ ОТБОРА ОБРАЗЦОВ

Рассмотренная выше методика определения плотности горных пород не лишена недостатков. Необходимо отобрать образцы и отправить их в лабораторию. С момента от-

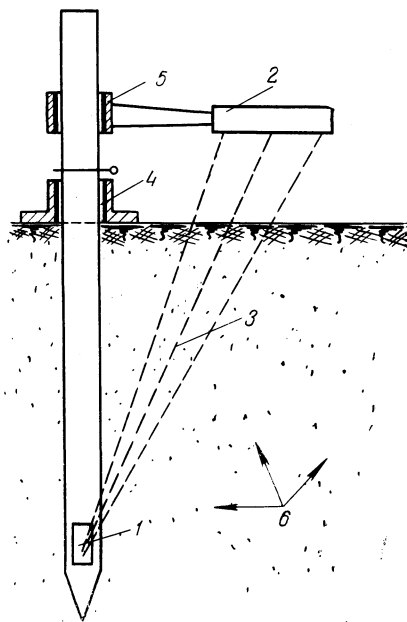


СХЕМА ПОЛЕВОЙ УСТАНОВКИ с одним погруженным источником излучения для определения плотности почвы, грунтов и других сыпучих сред: 1 — источник гамма-лучей, помещен в штырь; 2 — приемник гамма-лучей; 3 — первичный пучок гамма-лучей, идущий в сторону приемника; 4 — направляющий кондуктор; 5 — держатель приемника; 6 — сыпучая среда

бора до момента измерения проходит много времени. А иногда геофизикам нужно знать плотность горных пород в процессе исследований на месте их залегания.

Если нужно узнать плотность сыпучей среды (рыхлый грунт, почва и т. д.), то источник гамма-лучей помещают в штырь. Штырь с источником вводят в грунт, а приемник располагают над поверхностью земли. Используя гамма-плотномер, можно определять плотность грунта и почвы с точностью до 1—2% в течение 2—3 минут. При исследовании грунтов с постоянной плотностью эти же приборы применяют для определения влажности грунта.

«ВЗВЕШИВАНИЕ» РАССЕЯНИЕМ

В конструкции различных зондовых, приставных и скважинных гамма-гамма-плотномеров используется эффект рассеяния гамма-лучей. Для того чтобы первичное излучение непосредственно не действовало на приемник, между ним и источником располагается слой свинца. Зондовые плотноммеры обычно применяются для определения плотностей грунтов и пород на глубинах до 25 м, а просвечивающие плотноммеры — на глубинах не более 1,5 м.

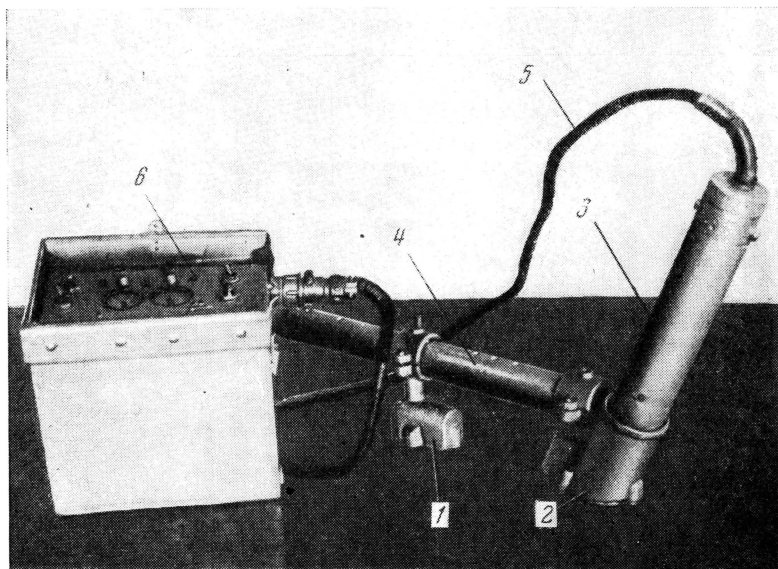
Приставные гамма-гамма-плотноммеры используются для определения плотности грун-

та в месте соприкосновения прибора с породой. Один из таких плотномеров был доставлен на поверхность Луны автоматической станцией «Луна-13» в декабре 1966 г. Прибор был оборудован цезиевым источником и тремя группами газоразрядных счетчиков. Расположение каждой группы счетчиков на разном расстоянии от источника позволило в некоторой степени ослабить влияние неровностей измеряемой поверхности на результаты определений. Прибор был мал: его длина 25,8 см, ширина 4,8 и высота 1 см. Перед отправкой на Луну плотномер был проградуирован в земных условиях, в средах с плотностями от 0,16 до 2,6 г/см³. Плотномер «взвесил» верхний слой лунных пород толщиной около 18—20 см. Плотность этих пород оказалась равной 0,8 г/см³. Точность определения примерно 0,05—0,1 г/см³.

Исследования показали, что лунная поверхность в месте посадки автоматической станции «Луна-13» сложена пористыми породами. Эти данные вполне согласуются с результатами фотографических, радиофизических и астрономических исследований Луны*.

* И. И. Черкасов, В. В. Шварев. Первые результаты непосредственных исследований грунта Луны. «Земля и Вселенная», № 2, 1968 г.

ПРИСТАВНОЙ ГАММА-ГАММА-ПЛОТНОМЕР для определения плотностей по методу рассеянного гамма-излучения: 1 — свинцовый блок с источником гамма-лучей; 2 — свинцовый блок с приемником гамма-лучей; 3 — гильза радиометра с приемником гамма-лучей; 4 — штанга; 5 — кабель, соединяющий гильзу с пультом радиометра; 6 — пульт радиометра



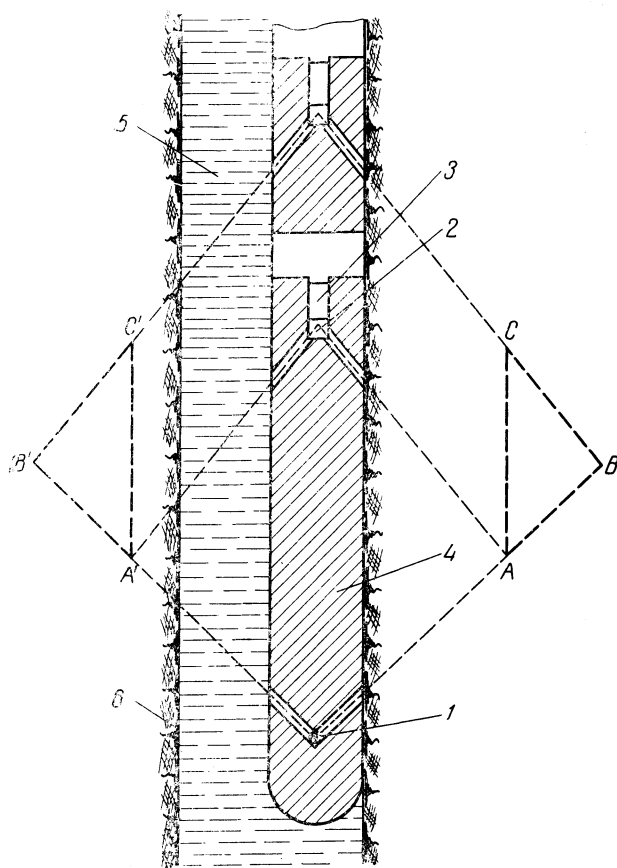


СХЕМА СКВАЖИННОГО ЛОКАТОРА плотности:
 1 — источники гамма-лучей в коллиматорах; 2 — приемники гамма-лучей (люминофоры), расположенные в коллиматорах; 3 — фотоэлектронные умножители; 4 — свинцовые экраны; 5 — заполненная скважина; ABC и A'B'C' — участки породы, плотность которой определяется

Точность определения плотности пород может быть существенно повышена, если применять сцинтилляционные счетчики. В Новосибирске на основе этих счетчиков создан прибор, измеряющий плотность грунтов с точностью до $0,01 \text{ г/см}^3$, а осадочных и изверженных пород — с точностью до $0,02 - 0,03 \text{ г/см}^3$.

Для изучения плотности горных пород в месте бурения из скважины извлекают цилиндрические образцы — керны. Керны отправляют в лаборатории, где измеряется плотность образцов. Такой способ определения плотности горных пород довольно трудоемок и дорог. Ведь каждый раз необходимо останавливать процесс бурения и поднимать

буровой инструмент. Причем возможности применения этого способа ограничены глубиной скважины. Геофизики разработали специальные **скважинные гамма-гамма-плотномеры**. Однако показания прибора сильно искажаются из-за неровных стенок скважины и слоя глинистой корки, образующейся на них в процессе бурения. (Бурение скважин специально производят на глинистом буровом растворе.) Есть и другая трудность: этими приборами совершенно невозможно определять плотность горных пород за обсадной колонной. Дело в том, что нефтяные и газовые скважины в процессе бурения специально «обсаживают» стальными трубами, а пространство между породой и трубой заполняют цементом, чтобы в нефтеносные пласты не проникала вода.

Лаборатории ядерной геофизики предстояло устранить влияние на плотномер ближней зоны буровой скважины (глинистой корки и обсадной колонны). Для этого нужно, чтобы прибор локально измерял плотность пород в кольцевом слое вне скважины. Такой прибор — **двухлучевой гамма-гамма-плотномер** — был разработан. Двухлучевые приборы прошли испытания в скважинах и показали хорошие результаты. Плотность пород и руд они определяют с точностью до $0,03 - 0,5 \text{ г/см}^3$. Такие плотномеры могут применяться всюду и, в частности, в сверхглубоких скважинах для изучения глубинного строения Земли.

Используя двухлучевой принцип, можно создавать плотномеры для изучения поверхностного слоя различных небесных тел.

Ядерное излучение поможет узнать и вещественный состав грунта на поверхности планет. Так, например, с помощью американских станций «Сервейер-5» и «Сервейер-6» соответственно в сентябре и ноябре 1967 г. были доставлены на поверхность Луны ядерные установки с альфа-излучателями и приемниками рассеянных альфа-частиц и протонов, возникающих в реакциях (α, p) на ядрах некоторых химических элементов. Было установлено, что в месте высадки приборов лунная поверхность сложена породами основного состава, напоминающими земные базальты. Эти данные хорошо согласуются с ранее полученными результатами измерения естественной радиоактивности горных пород Луны советской автоматической станцией «Луна-10».

В недалеком будущем ядерная аппаратура с генератором нейтронов и радиометрическими регистрирующими приборами «расскажет» о составе лунных пород.



НЕОБЫЧНЫЙ ГРАД

12 марта 1968 г. на небольшой город Ок-Ридж (штат Теннесси, США) в 7 часов 30 минут утра по местному времени обрушился сильный ливень, а в 7 часов 50 минут началось бурное градо-битие.

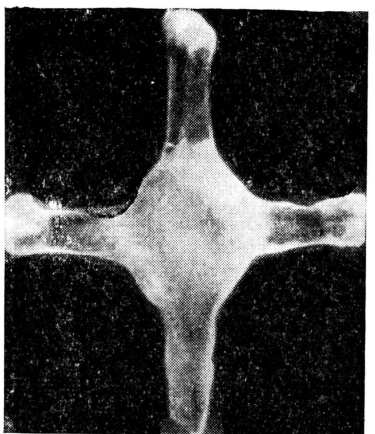
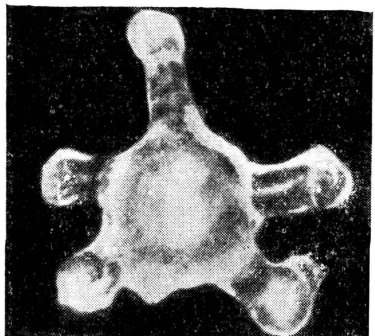
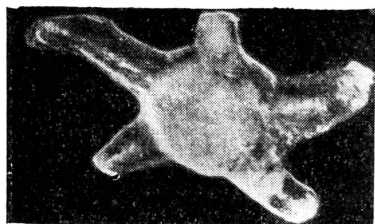
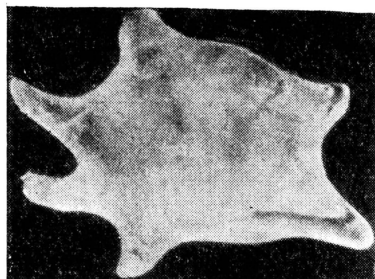
Выпавшие градины были необычны по форме и размерам. Их причудливые очертания напоминали морских звезд, черепах, мурьеведов и кинжалы.

Диаметр градин в среднем равнялся 2 см, а толщина 1,5 см. Наиболее крупные градины, выпавшие в 5 км к юго-юго-западу от Ок-Риджа, в трех измерениях составляли 5,5 см (!).

Все градины имели острые выступы. У большинства градин было два, четыре или шесть выступов; у многих — один выступ, расположенный чаще в плоскости тела градины, но иногда перпендикулярно к ней. Некоторые градины были со спиральнозакрученными выступами, а выступы других заканчивались утолщениями в виде лопастей. Градины Ок-Риджа отличались необычными пропорциями: длина остроконечных выступов равна диаметру градины или несколько больше его. Интересно, что при падении выступы почти не ломались. Это указывает на аэродинамическую устойчивость градин и на то, что они падали на основную плоскость плашмя.

Бурное выпадение града продолжалось 5 минут. Атмосферное давление снизилось на 1,6 мб. Как только прекратился град, опять начался ливень, но ветер был слабый. Удивительно, что ни ливень, ни высокая температура воздуха (+12° С) не повредили причудливых форм градин (они лежали в траве — и жители города смогли пополнить запасы льда в своих погребах).

Зондирование атмосферы в Нашвилле (200 км к западу от Ок-Риджа), проведенное в 7 часов утра, показало, что в момент выпадения града отмечалась



влажная неустойчивость атмосферы до уровня 285 мб. Между уровнями 800 и 500 мб наблюдался слой очень сухого воздуха. В то же время Нашвилл находился почти в центре обширной области низкого давления.

В 12 часов дня над Ок-Риджем прошел теплый атмосферный фронт, а в 15 часов — холодный.

«Monthly Weather Review»,
96, 10, 1968



НА ОРБИТЕ — «МОЛНИЯ-1»

22 июля 1969 г. в Советском Союзе осуществлен запуск очередного спутника связи «Молния-1».

Спутник выведен на эллиптическую орбиту с апогеем 39 540 км в северном полушарии и перигеем 520 км в южном полушарии.

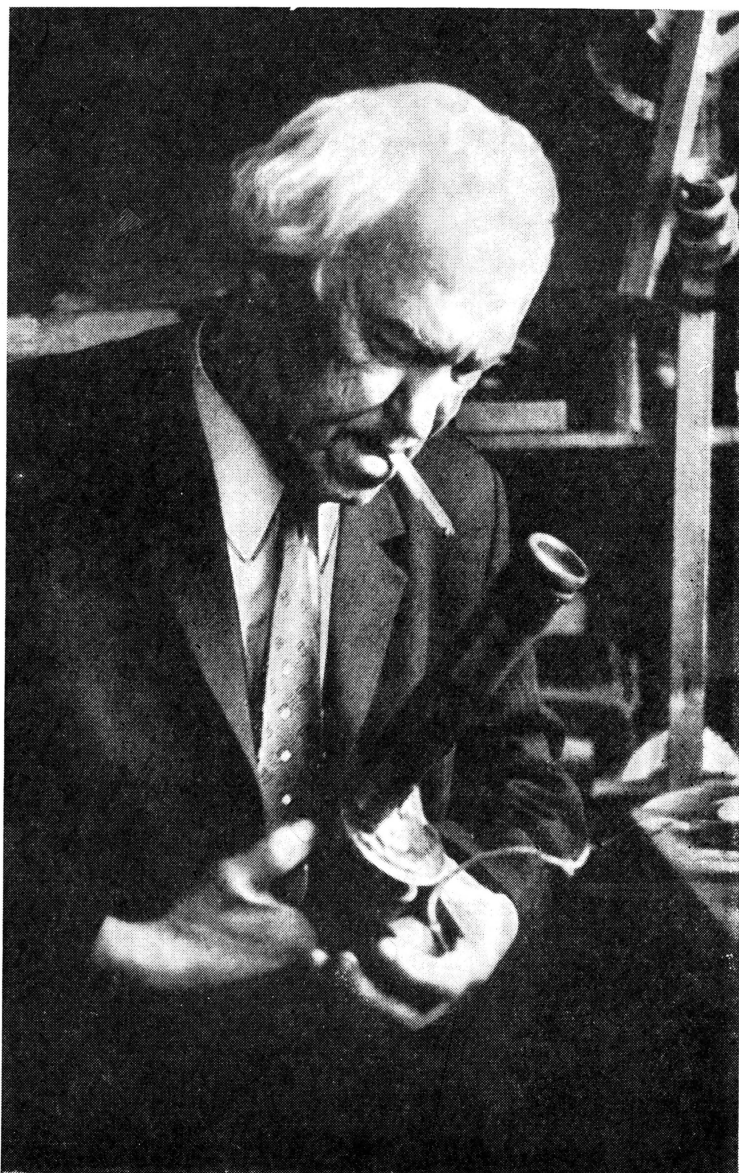
Период обращения спутника — 11 часов 51 минута, наклонение орбиты — 64,9°.

На борту спутника, кроме аппаратуры для передач программ телевидения и осуществления дальней многоканальной радиосвязи, установлена аппаратура командно-измерительного комплекса, а также системы ориентации, коррекции орбиты и энергоснабжения спутника.

Спутник связи «Молния-1» предназначен для обеспечения эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи, а также передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита», расположенные в районах Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока и Средней Азии.



Первый директор Московского планетария



Константин Николаевич Шисовский

Пришел
главнебзаведующий,
в делах
небесных
сведущий.

Пришел,
нажал
и завертел

весь
миллион
небесных тел.

(«Пролетарка, пролетарий, заходите в
планетарий». В. В. Маяковский. 1929 г.)

Многим, вероятно, будет интересно узнать, что этим «сведущим главнебзаведующим» был молодой в то время лектор Московского планетария Константин Николаевич Шистовский — основатель первого в нашей стране звездного дома.

Сейчас кандидату физико-математических наук К. Н. Шистовскому 70 лет.

К. Н. Шистовский рано вступил на путь науки. В 1919 г. он был избран доцентом астрономии в Коммунистическом университете Тулы.

В 1920 г. двадцатилетний астроном изобрел оригинальный прибор — астроскоп. С предельной наглядностью это устройство, состоящее из металлических кругов и стрелок, позволило измерять небесные координаты, определять точки восхода и захода светил, решать многие замысловатые задачи по сферической астрономии.

«Астроскоп,— читаем мы в третьем томе Большой Советской Энциклопедии,— астрономический прибор, используемый в качестве наглядного пособия при преподавании астрономии. По сравнению с небесным глобусом астроскоп обладает принципиальным преимуществом. Небесный глобус создает у учащихся ложное представление о расположении небесных светил на небесной сфере, равноудаленной во всех своих частях от Земли. Астроскоп не связывает решения всех задач сферической астрономии с поверхностью небесной сферы».

Астрономы — беспокойные люди. Они работают не только в обсерваториях, но и в составе геодезических, геофизических и даже археологических экспедиций. Роль кочующего астронома пришлось весьма по душе Константину Николаевичу — он очень много ездил. Пять лет он посвятил изучению района Курской магнитной аномалии, куда был направлен в 1920 г. по рекомендации известно-



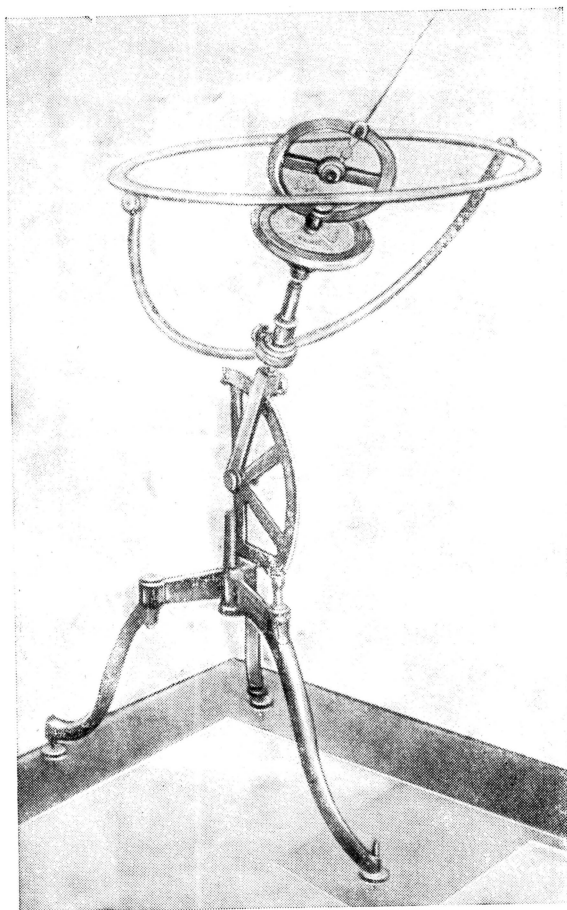
Косте Шистовскому 19 лет

го советского ученого ныне академика А. А. Михайлова.

Вернувшись в Москву, Константин Николаевич с огромным рвением взялся за педагогическую работу в Коммунистическом университете имени Я. М. Свердлова. Будучи одновременно научным сотрудником вновь созданного Государственного астрофизического института, он неоднократно принимал участие в наблюдениях полных солнечных затмений. Одно из таких затмений Константин Николаевич наблюдал из корзины субстратостата ВР-63 на высоте 7200 м над землей. Но звезды всегда были главным увлечением К. Н. Шистовского.

Читая небо как раскрытую книгу, ученый не переставал мечтать о том, чтобы сделать его более понятным людям. Как упростить научные термины, графики и таблицы, которыми полны учебники астрономии? Он написал много научно-популярных книг по астрономии и поэму «Черное Солнце» о солнечном затмении.

Но больше всего ему хотелось приблизить небо, сделать его более доступным для изучения и наблюдений независимо от погоды и в любое время суток.



Астрокон К. Н. Шистовского

Решить эту задачу помог случай. В 1927 г. К. Н. Шистовский в составе группы советских ученых наблюдал солнечное затмение в Швеции. Ему удалось сфотографировать спектр солнечной вспышки. На обратном пути в Берлине Константин Николаевич впервые увидел сложное проекционное устройство, демонстрирующее картину звездного неба. Это был планетарий — то, о чем он мечтал! Планетарий непременно должен быть в Москве!

Осуществить идею было нелегко. Аппараты «планетарий» в то время производились только немецкой фирмой Карл Цейсс и стоили очень дорого. Кроме того для планетария требовалось специально оборудованное здание.

Инициатива К. Н. Шистовского была активно поддержана Н. К. Крупской,

Е. М. Ярославским и др. Группа ученых и специалистов в короткий срок решила трудную задачу о создании планетария в Москве, который стал бы не развлекательным аттракционом, а подлинным центром пропаганды материалистической науки. Значение планетария в те годы было особенно велико: в стране шла активная борьба со старым мировоззрением, наступление на религиозные суеверия и предрассудки.

Планетарий в Москве был открыт 5 ноября 1929 г. Административная работа на посту директора не была, однако, основным призванием К. Н. Шистовского. В нем снова проснулся изобретатель. Аппарат Цейсса оказался несовершенным, что очень скоро обнаружилось в процессе работы. Понадобились дополнительные устройства и приборы. Все нужно было делать самим. И К. Н. Шистовский вот уже на протяжении четырех десятилетий конструирует, изобретает, ищет...

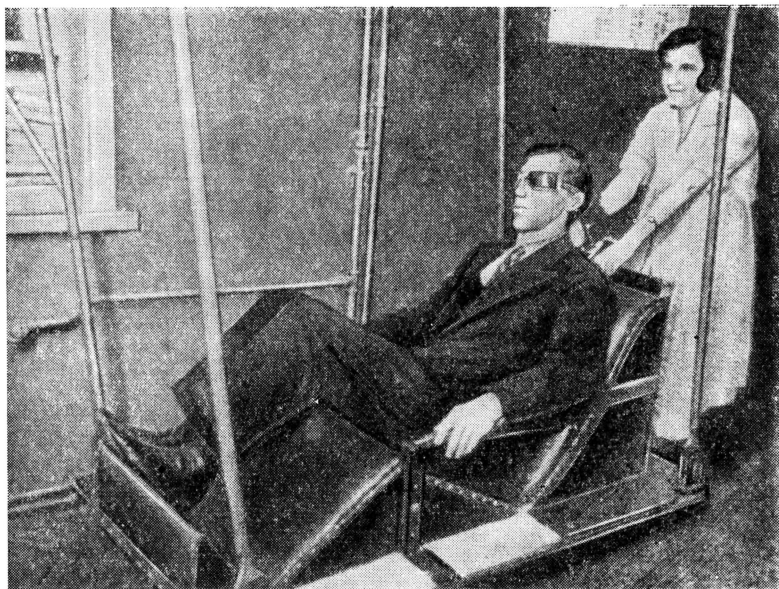
Одним из первых заметил неестественность звездного неба планетария К. Г. Паустовский... Звезды не мерцали. Они сияли ровно и спокойно, и поэтому казались безжизненными. Константин Николаевич придумал особую сетку «мышеловку», которая, вращаясь, перекрывала тонкие лучики звезд, — и звездное небо оживало...

Большое удовольствие доставляет зрителям аппарат «путешествие по меридиану». Чтобы совершить путешествие на полюсы или экватор, требуется некоторое время. Было весьма утомительно и скучно следить за медленным движением аппарата в темном зале. Но светящаяся карта делает путешествие (со скоростью 100 км/сек) увлекательным и наглядным. Этот аппарат также был создан Шистовским.

В планетарии показывают феерические картины: полярные сияния, облака, сверкающие молнии. Многие москвичи помнят красочный «салют Победы». Стало традицией завершать каждую лекцию заревом рассвета. Аппараты, производящие эти эффекты, были изобретены и изготовлены К. Н. Шистовским в творческом сотрудничестве с талантливыми мастерами и механиками планетария С. С. Дергачевым, С. Н. Михайловым, С. И. Коровкиным, Л. Т. Соколовым, А. Г. Храбровым, Ф. И. Красновым.

К. Н. Шистовский стал в полном смысле слова «главнбазаведующим» Московского планетария. Он «создавал» кометы и метеоры, падающие звезды и болиды. По мановению его руки взлетали в небо искусственные спутники и космические ракеты. Много

К. Н. Шистовский проходит тренировку перед полетом на субстратостате



остроумия вложил изобретатель в новую модель оптического аппарата «планетарий».

В 1939 г. многие аппараты К. Н. Шистовского демонстрировались на Всемирной выставке в Париже и были приобретены парижским планетарием. В 1967 г. приборы Шистовского обслуживали занимательный аттракцион «Путешествие в космос» на Международной выставке в Монреале. И теперь ни один планетарий в мире не выпускается без тех дополнительных устройств и приборов, которые были впервые изобретены Константином Николаевичем.

Большой мастер световых эффектов, он привлек к себе внимание многих театральных постановщиков и режиссеров. Долгая творческая дружба связала К. Н. Шистовского с народными артистами СССР Н. П. Охлопковым и Ю. А. Завадским, главным художником Государственного Академического Большого театра В. Д. Рындиным. Длительное время Константину Шистовскому посчастливилось работать бок о бок с великим реформатором театра Константином Сергеевичем Станиславским. Началом этого сотрудничества была постановка оперы Римского-Корсакова «Золотой петушок». К. Н. Шистовский стал первым советником К. С. Станиславского в поисках сценических «чудес». Во время одной из встреч Станиславский сказал Шистовскому: «Мне особенно приятно, что человек науки пришел на помощь человеку искусства. Жду вас, мой друг, в театре». С тех пор зрители многих

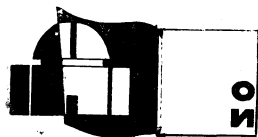
театров обязаны именно К. Н. Шистовскому за волшебные световые эффекты.

К. Н. Шистовский никогда не занимал официальной должности конструктора. По штатному расписанию он — лектор. В течение 40 лет он прочитал тысячи лекций для взрослых и детей. Однако и здесь он остался верен себе, находя для лекций новые, необычные формы. Многие из них излагаются в стихотворной форме: «Звездный дом», «В ракете на Луну», «Сквозь тернии к звездам» (лекция-феерия, повествующая о жизни и деятельности Михаила Ломоносова).

Всегда увлекающийся поисками нового, Константин Николаевич забывает о своем возрасте. Всем нужный, он успевает участвовать в работе многих общественных организаций. Он — член научно-методического совета Всесоюзного общества «Знание», председатель Центральной ревизионной комиссии Всесоюзного астрономо-геодезического общества, руководитель по астропроблемам секции космонавтики при ЦК ДОСААФ СССР, член киносекции Дома ученых. Его ждут во многих театрах Москвы. Но главным своим детищем он по праву считает Московский планетарий, с которым тесно связал свою жизнь.

Хочется от всей души пожелать «главнзаведующему» Московского планетария многих и долгих лет неутомимой деятельности на радость людям.

Б. А. МАКСИМАЧЕВ



Развитие астрономии и геофизики в Ленинградском университете

К 150-летию университета

150 лет назад был основан Петербургский, ныне Ленинградский ордена Ленина государственный университет имени А. А. Жданова. С первых лет в университете было введено преподавание астрономии. На должность профессора астрономии пригласили действительного члена Академии наук В. К. Вишневского. А через 20 лет, в 1839 г., в Петербургском университете была основана кафедра астрономии. Учебная программа по астрономии в эти годы носила преимущественно астрономо-геодезический характер. И это понятно. В связи с освоением обширных новых территорий, Российская империя в то время остро нуждалась в специалистах для астрономо-геодезических и картографических работ.

Однако в университете постепенно развиваются и другие астрономические направления и в первую очередь работы в области небесной механики. Большая заслуга в их становлении принадлежала А. Н. Савичу, который в течение 40 лет возглавлял кафедру астрономии.

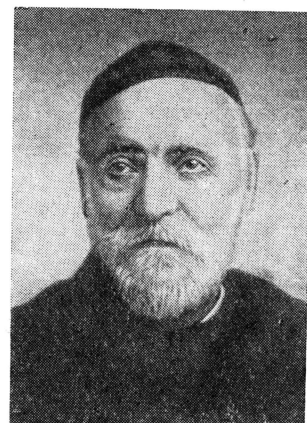
В 70-х годах прошлого столетия в России начинается быстрое развитие нового направления в астрономии — астрофизики. Это направление нашло сторонников и в Петербургском университете. Здесь в 1873 г. под руководством профессора физики Ф. Ф. Петрушевского велись исследования, посвященные изучению природы лунной поверхности.

В 1880 г. кафедра астрономии стала уже кафедрой астрономии и геодезии. На посту заведующего был в это время профессор С. П. Глазенап. Он организовал при универси-

тете учебную астрономическую обсерваторию, сыгравшую большую роль в улучшении преподавания астрономии. Дальнейший расцвет астрономии в университете (до 1919 г.) связан с именем исключительно эрудированного ученого, прекрасного педагога, неутомимого организатора А. А. Иванова.

Великая Октябрьская революция создала совершенно новые возможности для развития астрономии. Начиная с 1917 г. на кафедру астрономии Ленинградского университета приглашают крупнейших ученых: академика А. А. Белопольского, члена-корреспондента Академии наук Г. А. Тихова, профессора Б. В. Нумерова и др. Астрономы и геодезисты университета, живо откликаясь на нужды страны, активно участвуют в определении астрономических и гравитационных пунктов, а впоследствии и во многих других работах. В 1933 г. учебная обсерватория преобразовывается в самостоятельное научное учреждение — научно-исследовательскую Астрономическую обсерваторию Ленинградского государственного университета (АО ЛГУ). В дальнейшем она становится центром, организующим всю работу по астрономии в Ленинградском университете. Ее первым директором был назначен С. Г. Натансон.

В университете организуются новые кафедры. Во главе кафедры небесной механики становится известный ученый член-корреспондент АН СССР М. Ф. Субботин. С его деятельностью в Ленинградском университете связано создание ленинградской школы



*Алексей Николаевич Савич
(1810—1883)*

*Аристарх Аполлонович Бело-
польский (1854—1934)*

*Викентий Карлович Вишне-
вский (1781—1855)*

небесной механики. Развитие астрометрии происходит в тесном содружестве с Пулковской обсерваторией и пулковские астрометристы профессор Н. В. Циммерман, а затем Н. Н. Павлов принимают кафедру. В это время в Ленинградском университете создается Служба времени, ставшая впоследствии одной из лучших в стране. Особенно большого расцвета достигла астрономия в Ленинградском университете под руководством молодого профессора В. А. Амбарцумяна. Он организовал и возглавил кафедру астрофизики, которая вскоре стала ведущей среди других кафедр астрономического профиля. Созданная В. А. Амбарцумяном в Ленинградском университете школа теоретической астрофизики получила мировую известность.

В настоящее время в составе коллектива астрономов Ленинградского университета два члена-корреспондента АН СССР, 10 докторов, много кандидатов наук. Они выполняют важные исследования в различных областях современной астрономии. На кафедре астрофизики под руководством заведующего кафедрой члена-корреспондента АН СССР В. В. Соболева группа теоретической астрофизики, продолжая традиции

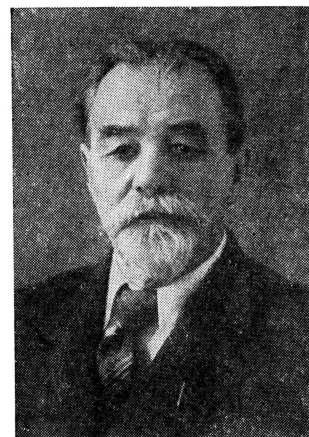
В. А. Амбарцумяна, ведет исследования по теории переноса излучения, нестационарных звезд, планетных атмосфер. Здесь же в последние годы под руководством профессора В. А. Домбровского получила право на жизнь наблюдательная астрофизика. По соседству с Бюраканской обсерваторией АН АрмССР, возглавляемой сейчас Героем Социалистического Труда академиком В. А. Амбарцумяном, организована астрофизическая станция АО ЛГУ, оснащенная современным оборудованием, где наблюдаются звезды, туманности и галактики. В Ленинграде под руководством члена-корреспондента АН СССР О. А. Мельникова ведутся исследования по спектроскопии Солнца. На той же кафедре работает лаборатория радиоастрономии, которой руководит Г. П. Алушкинский. Кафедрой небесной механики сейчас возглавляет профессор В. С. Новоселов. Он руководит исследованиями движения естественных и искусственных небесных тел. На этой же кафедре под руководством профессора К. Ф. Огородникова работает группа специалистов по звездной астрономии, занимающихся в основном динамикой звездных систем. Кафедрой астрометрии сейчас возглавляет профессор А. А. Немиро.



*Александр Александрович
Иванов (1867—1939)*



*Наум Ильич Идельсон
(1885—1951)*



*Гавриил Адрианович Тихов
(1875—1960)*

Профилирующее значение в ее работах имеет астрометрическое направление. Лаборатория Службы времени под руководством доцента А. В. Ширяемого участвует в государственной и международной Службе времени. При этой же кафедре существует Станция наблюдения искусственных спутников Земли, в которой разрабатываются проблемы космической геодезии.

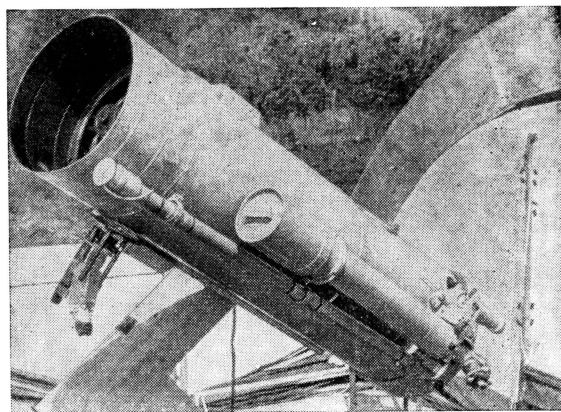
Геофизика как самостоятельная отрасль знания, изучающая физические процессы в земном шаре и его оболочках, а также их строение, начала оформляться лишь в конце XIX в., когда накопилось достаточно большое число опытных данных по наблюдениям за различными геофизическими явлениями и потребовалась их систематизация и обобщение.

До 20-х годов, ни в нашей стране, ни за рубежом не существовало геофизических учебных заведений. Поэтому после Октябрьской революции при реорганизации физико-математического факультета Петербургского университета в 1919 г. при геолого-почвенном факультете появилась кафедра геофизики. Первым ее заведующим был профессор С. А. Советов.

Однако в учебных планах геолого-почвенного факультета в то время не было необходимой физико-математической программы для овладения геофизическими науками. Поэтому в 1923 г. кафедру переводят на

физико-математический факультет. Основные задачи кафедры: подготовка специалистов для нужд народного хозяйства и развитие научной работы в различных областях геофизики — сейсмологии, гравитации, земного магнетизма, электрического поля Земли и метеорологии.

20-е годы ознаменовались бурным развитием геофизических исследований. По постановлению Совета Труда и Оборона, подписанному В. И. Лениным в 1918 г., были проведены в широких масштабах магнитометрические и гравитационные работы на Курской магнитной аномалии, шла интенсивная подготовка к Генеральной магнитной съемке Советского Союза, которая началась



18-дюймовый телескоп со спектральной аппаратурой

в 1931 г. Серьезное внимание уделялось развитию прикладной геофизики — разведке полезных ископаемых геофизическими методами: развивающаяся промышленность страны нужно было обеспечить минеральным сырьем. Открываемые научно-исследовательские институты и производственные учреждения нуждались в армии специалистов. В 1930—1931 гг. на физическом факультете было создано геофизическое отделение, возглавляемое профессором П. Н. Тверским. Отделение состояло из четырех кафедр: физики атмосферы (заведующий профессор П. Н. Тверской, а с 1958 г. — член-корреспондент АН СССР К. Я. Кондратьев), земного магнетизма (заведующий профессор Н. В. Розе), сейсмологии и гравитации (заведующий профессор П. М. Никифоров) и электрометрии (заведующий профессор В. Р. Бурсиан). В это время создаются новые приборы для наблюдения геофизических полей (сейсмограф П. Н. Никифорова, магнитометры Б. М. Яновского) и разрабатываются новые методы изучения строения Земли и поисков полезных ископаемых (В. А. Фок, В. Р. Бурсиан,

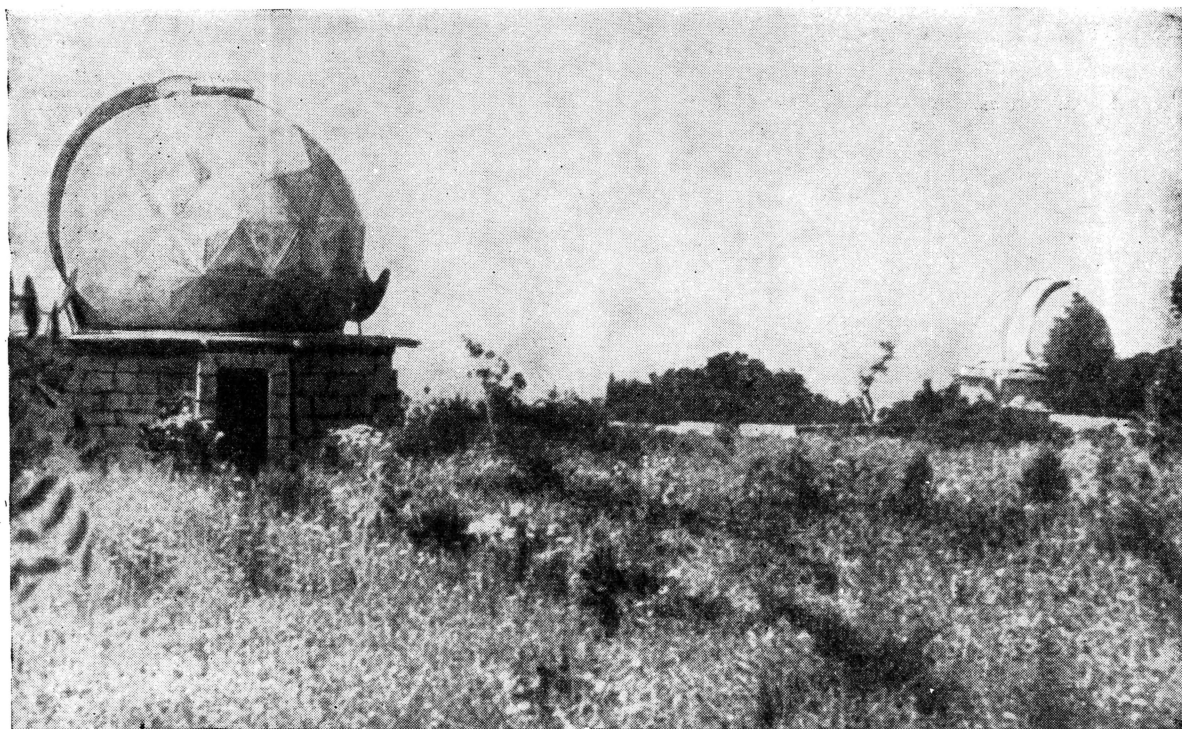
И. Г. Михайлов). Под руководством профессора Б. М. Яновского проводится магнитная съемка района Второго Баку, где успешно решается задача определения глубины кристаллического фундамента, ведутся исследования магнитных свойств изверженных и осадочных горных пород.

В послевоенное время была создана кафедра физики земной коры, которую с 1944 по 1967 г. возглавлял профессор Б. М. Яновский.

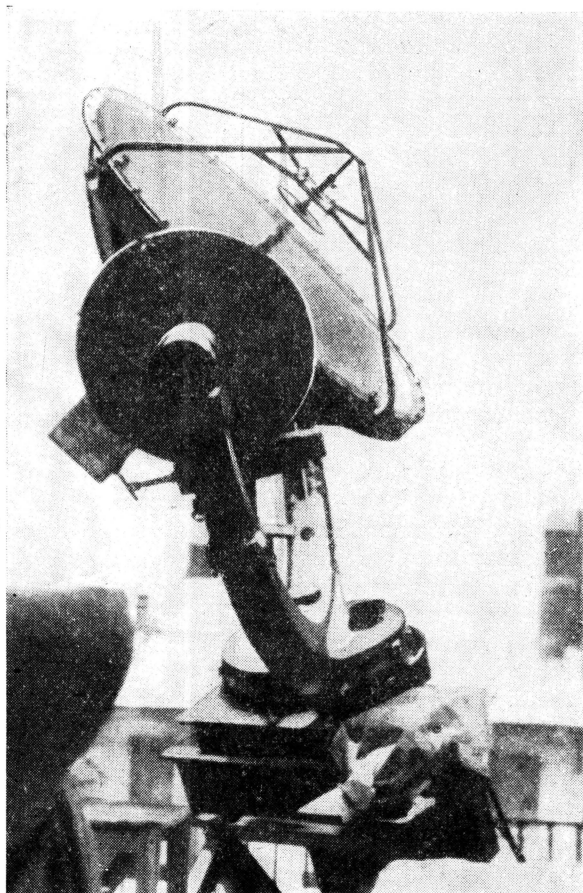
На кафедре физики Земли обучаются будущие сейсмологи, специалисты по земному магнетизму, геоэлектрике и аэрономии. В лабораториях кафедры ведется научная работа.

В лаборатории сейсмологии на основании изучения закономерностей распространения микросейсм разработан метод прослеживания циклонов в Атлантическом океане, создана новая аппаратура и методика регистрации длиннопериодных колебаний Земли.

В лаборатории магнитных свойств горных пород продолжают начатые под руководством профессора Б. М. Яновского работы по исследованию характера и природы на-



Вид Бюраканской астрофизической станции ЛГУ



Учебный радиотелескоп

магнитности пород, создающих отрицательные магнитные аномалии в Ангаро-Илимском районе. Эти исследования позволили объяснить магнитные аномалии внутренними процессами намагничивания, а не инверсией геомагнитного поля, как это считалось раньше. Последнее время ведутся исследования по проблеме физических основ палеомагнетизма, имеющей научное и прикладное значение.

В лаборатории геоэлектрики разрабатывается предложенный в 1941 г. профессором А. П. Краевым метод частотного электромагнитного исследования земной коры. Создана аппаратура, предложена методика и способы интерпретации полевых наблюдений, в частности для районов с высоким сопротивлением верхнего слоя; изучается строение земной коры и мантии методом естественного электромагнитного поля.

В лаборатории аэронавтики разработаны приборы для регистрации колебаний геомагнитного поля в диапазоне периодов $1-10^5$ секунд; исследуются процессы, протекающие в магнитосфере и ионосфере Земли. Эти исследования позволили проследить и понять формирование и динамику внешнего радиационного пояса Земли, развитие магнитных бурь, формирование зоны полярных сияний.

*Профессор В. А. ДОМБРОВСКИЙ
директор Астрономической
обсерватории Ленинградского университета
Доцент Г. В. МОЛОЧНОВ
заведующий кафедрой
физики Земли*

Мезосфера, мезопауза, облака...

Стратосфера и стратопause, мезосфера и мезопауза, термосфера... Что это за «паузы» и «сферы» на нашей Земле?

Воздушная оболочка планеты, простирающаяся до расстояний в тысячи километров от земной поверхности, очень неоднородна в своем строении и свойствах. Представим се-

бе, что мы на каком-то аппарате поднимаемся вертикально вверх со скоростью примерно один километр в минуту. Станция отправления — земная поверхность. Лето. «На улице» — тепло: $+25^{\circ}\text{C}$. Вот аппарат поднимается, и мы замечаем, что температура окружающего воздуха уменьшается на 6—8 граду-

сов в минуту, т. е. на каждый километр высоты. И так продолжается в течение 9—11 минут. «Проходим нижнюю «сферу» — тропосферу», — объясняет экскурсовод-метеоролог.

Но вот температура атмосферы постепенно упала до -50°C . На столбике термометра вместо уменьшения температуры мы отмечаем какие-то сложные, но небольшие по амплитуде изменения. «Проходим тропопаузу» — говорит метеоролог. Через 1—1,5 минуты столбик термометра застывает: с высоты 10—12 км температура воздуха остается в течение 15—20 минут почти строго постоянной. Аппарат проходит слой изотермии. Это уже стратосфера, точнее нижняя стратосфера. С уровня 25—32 км столбик термометра начинает довольно быстро подниматься — мы уже в верхней стратосфере: высота 50 км, температура около нуля. Опять, хотя и ненадолго (минут на пять), термометр спокоен, а потом — температура снова быстро уменьшается с высотой. Это мы прошли верхний пограничный слой стратосферы — стратопаузу и вступили в новую «сферу», в мезосферу.

Итак, мы пересекли уже две «паузы»: тропопаузу и стратопаузу. Выходит, что «паузами» мы называем пограничные слои атмосферы, отделяющие одну сферу — область атмосферы со специфическим вертикальным распределением температуры — от другой, резко отличающейся ходом температуры по высоте, т. е. тропосферу от стратосферы, стратосферу от мезосферы.

И вот мы на высоте более 50—55 км в мезосфере. Термометр быстро падает на 5—9 градусов в минуту, примерно так же как это было в тропосфере. «Вторая тропосфера!» — говорят специалисты по проблемам атмосферной физики... Да, вторая тропосфера, но на огромной высоте, и это весьма замечательно.

Что же «особенного» находят ученые в мезосфере? Если в тропосфере летом температура падает с высотой на протяжении всего лишь 9—11 км, достигая почти -50°C в стратосфере, то в мезосфере падение температуры длится в 3 раза дольше и на протяжении 30 км. Поэтому не удивительно, что когда мы достигаем (через 80—85 минут после начала путешествия) верхней границы мезосферы, т. е. мезопаузы, нас окружает воздух, охлажденный до температуры -100° , а в отдельные дни даже до -130°C . Над мезопаузой, с уровня 85—90 км, начинается термосфера, в которой температура быстро увеличивается, достигая на высотах 200—

300 км огромных значений порядка 1000°C^* .

Но вернемся к мезопаузе — пограничному слою между мезосферой и термосферой. Этот тонкий слой простирается примерно от уровня 80 до 85 км (высота, протяженность и температура мезопаузы подвержены некоторым изменениям, подобно тому как это происходит с тропопаузой и стратопаузой). Мезопауза — самый холодный атмосферный слой над нашей планетой. Летом здесь воздух остывает до $-100 \div -130^{\circ}\text{C}$; столь низких температур в атмосфере Земли больше нигде нет.

Впрочем, трудно удержаться от соблазна и не упомянуть еще один удивительный факт: зимой мезопауза на 100 градусов теплее, чем летом! Странно? Да, странно и удивительно. Немало «копьев сломали» ученые в спорах о причинах такого необычного теплового режима мезопаузы и верхней мезосферы, но до сих пор полной ясности в этом вопросе добиться не удалось...

Много интересных открытий сделали ученые славного Ленинградского университета, 150-летний юбилей которого широко отмечается в нашей стране в 1969 г. Но здесь мы расскажем «лишь» о том, что достигнуто университетскими астрономами и геофизиками именно в изучении мезосферы. А достигнуто многое.

Университет на берегах Невы имеет великолепные традиции, первоклассные научные школы. Университет подготовил 80 тысяч широко образованных специалистов.

Несмотря на притеснения и пренебрежительное отношение к ученым университета со стороны царского правительства, уже в первый век существования университета на-

* Разумеется, «путешествие с термометром», описанное в статье, — воображаемое. Существует около 15 методов измерения температуры верхних слоев атмосферы. Некоторые из них косвенные: измеряются, например, плотность и давление, по которым вычисляется температура.

Обычный жидкостный термометр (ртутный или спиртовой) пригоден лишь до не очень больших высот, где плотность воздуха еще достаточно велика, чтобы поддерживать тепловое равновесие с жидкостью. Выше — примерно до 80 км — успешно применяются термометры сопротивления, действие которых основано на зависимости электрического сопротивления тонкой металлической пластинки (обычно платиновой) от температуры окружающего газа.

На еще больших высотах температура измеряется различными косвенными, а также спектроскопическими методами.

учные открытия, сделанные профессорами университета, прославили нашу страну и составили гордость русской науки, вошли в сокровищницу мировых ее достижений.

В годы Советской власти помощь и забота Партии и Правительства создали самые благоприятные условия для бурного расцвета всей деятельности университета. За выдающиеся результаты исследований 15 сотрудников университета удостоены высокого звания лауреатов Ленинской премии, а 46 — лауреатов Государственной премии.

Геофизика в университете развивается главным образом на физическом факультете. Кафедру геофизики, организованную на факультете в 1919 г., до 1957 г. возглавлял заслуженный деятель науки, профессор Павел Николаевич Тверской. В дальнейшем кафедра разделилась на две: физики атмосферы и физики земной коры. Кафедрой фи-

зики атмосферы с 1957 г. руководит профессор К. Я. Кондратьев, ныне член-корреспондент Академии наук СССР, ректор университета. Именно на этой кафедре ведется интересная работа по исследованию загадочных свойств мезосферы. В настоящее время кафедра физики атмосферы Ленинградского университета — ведущий научный центр.

На кафедре всегда стремились к сочетанию экспериментальной и теоретической подготовки студентов на современном уровне. Плеяда молодых ученых — выпускников кафедры — с успехом трудится на самом передовом крае советских исследований атмосферы. Явления атмосферного электричества, микрофизика облаков, в том числе опыты по предотвращению града в Грузии, лучистый теплообмен в атмосфере — таков широкий фронт исследовательских работ. Новые проблемы атмосферной физики и метеороло-

Ленинградский исследователь планет



Всёволод Васильевич Шаронов (1901—1964)

Большое значение имели работы астронома Ленинградского университета Всеволода Васильевича Шаронова в области исследований природы планет. Эти исследования В. В. Шаронов на протяжении многих лет проводил в Астрономической обсерватории ЛГУ.

Еще в 30-х годах под его руководством сложилась ленинградская фотометрическая школа, в которую кроме В. В. Шаронова входили Н. Н. Сытинская, Н. С. Орлова, Л. Н. Радлова, И. А. Паршин и др. При Астрономической обсерватории ЛГУ была создана фотометрическая лаборатория. Основной задачей, поставленной и решенной работами этой школы, было уточнение важнейших фотометрических параметров, характеризующих отражательные свойства поверхностей планет и рассеяние света в их атмосферах.

В. В. Шаронов и его ученики собрали богатый наблюдательный материал о фотометрических свойствах Луны, Венеры, Марса и других планет. Эти материалы сравнивались с данными лабораторных экспериментов. В результате были получены ценные сведения о природе поверхностей Луны и Марса, о свойствах атмосфер и облачных образований Марса и Венеры. Результаты этих исследований были подытожены в монографиях В. В. Шаронова «Природа планет», «Марс», «Планета Венера», в главах коллективных монографий «Луна», «Курс астрофизики и звездной астрономии», а также в многочисленных обзорах и научных статьях.

В. А. БРОНШТЭН

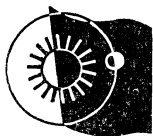
гип, возникшие в связи с успешным развитием в СССР ракетных исследований атмосферы, запуском первого в мире ИСЗ, быстро оказались в центре внимания коллектива кафедры. Использование ИСЗ для нужд Службы погоды привело к созданию нового раздела науки — спутниковой метеорологии. Оказалось, что многие задачи спутниковой метеорологии должны решаться на основе исследований переноса излучения в свободной атмосфере. Как раз в этой области достижения кафедры и лично К. Я. Кондратьева особенно велики. В СССР издано несколько книг К. Я. Кондратьева по этим вопросам. Капитальная монография К. Я. Кондратьева «Радиация в атмосфере» (912 стр.) в 1969 г. издана Академией наук США на английском языке. В настоящее время кафедра оказалась одним из ведущих теоретических центров, активно участвующих в разработке методов расшифровки результатов измерений и снимков, передаваемых ежедневно советскими метеорологическими спутниками. Все эти вопросы имеют огромное народнохозяйственное значение для улучшения прогнозов погоды, для обеспечения промышленности, транспорта, сельского хозяйства и обороны нашей страны быстрыми и надежными оперативными метеопрогнозами. Для сотрудников кафедры, конечно, не могли остаться незамеченными загадки мезопаузы, необычные особенности ее теплового режима. Одним из важных направлений стало исследование теплового режима высоких слоев атмосферы, выяснение роли радиационных и других факторов теплового режима. Первые результаты этих исследований были обобщены в монографии К. Я. Кондратьева и О. П. Филипович «Тепловой режим верхних слоев атмосферы» (1960). К настоящему времени усилиями молодых ученых кафедры Г. М. Шведа, В. Н. Конашенка и других, исследования в этой области получили широкий размах. Расскажем об одной лишь серии работ, — она касается роли углекислого газа. Молекул CO_2 мало в составе мезосферного воздуха (всего одна на 5000 других молекул), но роль молекул CO_2 в тепловом балансе мезосферы огромна. В далекой инфракрасной области спектра молекулы CO_2 имеют мощную полосу поглощения (длина волны 15 μm), благодаря которой молекулы с огромной силой поглощают лучистую энергию, направленную от Солнца на Землю и от Земли в космическое пространство. Но наличие такой полосы делает молекулу CO_2 и очень сильным излучателем. Во многих странах ве-

дущие ученые пытались теоретически рассчитать скорость нагревания и охлаждения атмосферы, определяемую углекислым газом. Возникло предположение, что молекулы CO_2 и несут, может быть, главную ответственность за необычный тепловой режим мезосферы и мезопаузы. Расчеты эти очень сложны, но на кафедре физики атмосферы Ленинградского университета удалось выполнить их с достаточной полнотой и точностью. Оказалось, что процессы поглощения и излучения радиации молекулами CO_2 в мезосфере протекают так, что они не могут быть причиной указанных «аномалий». Этот важный результат позволил надлежащим образом выбрать направление дальнейших поисков объяснения загадок мезосферы и мезопаузы. Можно надеяться, что геофизика стоит на пороге больших открытий в этой области.

Мезопауза полна загадок... И одно из самых удивительных явлений в этой пограничной области мезосферы — серебристые облака. О них много писалось в нашем журнале*. В изучение этих таинственных облаков большой вклад внесли астрономы Ленинградского университета — профессор В. В. Шаронов и его сотрудники. Серебристые облака (теперь их называют мезосферными облаками) отличаются от всяких других земных облаков не только огромной высотой, на которой они появляются в атмосфере (70—90 км), но и тем, что они возникают только летом и только в определенных географических зонах — на широтах 45—70°. Работами В. В. Шаронова, который многие годы возглавлял Астрономическую обсерваторию ЛГУ, выявлены тонкие сезонные и географические особенности появления мезосферных облаков. Теперь результаты этих исследований признаны классическими, на них основываются разнообразные исследования, проводимые по физике мезосферных облаков не только в нашей стране, но и во всем мире.

И. А. ХВОСТИКОВ
профессор

* См. Н. И. Гришин. Тайна средних широт. «Земля и Вселенная», № 3, 1965 г.; Н. И. Гришин. «Самые высокие облака». «Земля и Вселенная», № 5, 1965 г.; Е. П. Левитан. Серебристые облака — индикаторы процессов в верхней атмосфере. «Земля и Вселенная», № 2, 1966 г.



ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОНОМИИ И КОСМОНАВТИКИ В НОВОЙ ДЕСЯТИЛЕТНЕЙ СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Е. П. ЛЕВИТАН
кандидат педагогических наук

Советская общеобразовательная школа приступает к решению важной государственной задачи, предусмотренной Программой КПСС, — осуществлению всеобщего обязательного среднего образования. Какое же место займет астрономия в новой десятилетней школе? В каком классе и что именно будут узнавать школьники о Земле и Вселенной, о космонавтике и исследованиях космического пространства? Можно ли надеяться, что выпускники средней школы будут обладать необходимым нынешнему поколению людей минимумом знаний по астрономии?

Трудно переоценить интерес людей во всех странах мира к продолжающемуся освоению космического пространства. Он, естественно, порождает интерес и к науке о Космосе — астрономии.

Как и прежде, курс астрономии в средней школе будет изучаться лишь в 10 классе. Не только в учебном плане выпускного класса, но и вообще во всем учебном плане общеобразовательной средней школы нет ни одного столь мизерного по объему курса (1 час в неделю на протяжении одного года обучения). Значит, опять при составлении нового учебного плана средней школы оказались оставленными без внимания неоднократные требования астрономической общественности увеличить до 70 число часов на преподавание астрономии. Новый учебный план, как и старый, не включает изучение «Мироведения» в 7—8 классах, хотя небольшой предварительный курс астрономии с элементами геофизики мог бы подготовить учащихся к усвоению астрономии в 10 классе.

И все-таки есть возможность в новой десятилетней школе сообщить учащимся более обширные и глубокие знания по астрономии, чем это можно было сделать прежде. Дело в том, что важные задачи, стоящие перед преподаванием астрономии, — формирование материалистического мировоззрения учащихся; атеистическое воспитание; ознакомление учащихся с понятиями, необходимыми каждому человеку, готовящемуся жить и работать в космической эре; развитие интереса к науке, раскрывающей тайны мироздания; подготовка к самостоятельному пополнению знаний по астрономии путем чтения научно-популярной литературы — невозможно успешно решить, изолировав курс астрономии от других учебных предметов. Знакомство с астрономией должно начинаться уже в начальной школе. Практически это можно сделать, если связать преподавание астрономии с преподаванием других учебных предметов.

Перед нами — две толстые книги (в первой 433 страницы, во второй — 303). Это две части «Сборника программ для средней общеобразовательной школы» («Просвещение», 1968). Весьма вероятно, что в дальнейшем, когда завершится создание новых учебников, в программы будут внесены уточнения и изменения. Но уже сейчас, анализируя программы, можно найти в них немало вопросов, имеющих отношение к астрономии и позволяющих постепенно приобщать учащихся к астрономическим понятиям, постепенно формировать эти понятия, начиная буквально с 1 класса. Такой анализ актуален именно сейчас, когда создаются и проверяются на прак-

тике новые учебники и методические пособия по всем учебным предметам. Очень хорошо, что об астрономии не забыли ни составители программ для начальной школы, ни составители программ для старших классов. Благодаря этому в 10 классе можно не начинать, а завершать астрономическое образование учащихся. Включение астрономических вопросов в курсы различных учебных предметов не случайное, а закономерное явление, связанное с уже начавшимся процессом «космизации» многих наук (прежде всего физики!) и некоторых отраслей производства. Разумеется, «космизацию» нельзя понимать как отрыв науки от земных нужд и потребностей людей, наоборот, процесс «космизации» способствует наиболее полному раскрытию тающихся в этих науках возможностей на основе данных исследования Вселенной.

О «космизации» школьных предметов (в полном смысле этого понятия) говорить пока еще, конечно, преждевременно. Мы хотели лишь обратить внимание учителей астрономии на появившиеся в разных учебных предметах точки соприкосновения с астрономией.

В 1—4 классах основным предметом, в котором учащиеся начнут знакомиться с различными небесными телами, будет природоведение. Понятия о Земле, Солнце и других небесных телах органически включены в этот предмет, призванный сформировать целостное представление о природе на доступном для детей учебном материале. Из природоведения учащиеся узнают об основных движениях земного шара, о причине смены дня и ночи, а также о причинах смены времен года. В курсе природоведения учащиеся знакомятся с видом звездного неба, узнают о звездах и планетах, о Луне и искусственных спутниках Земли, о причинах солнечных и лунных затмений. По своему первоначальному замыслу тема курса природоведения «Земля — планета солнечной системы» (4 класс) представляет собой **небольшое элементарное введение в астрономию.**

Для дальнейшего изучения астрономии в 10 классе важно не только то, **что уже узнали учащиеся в предыдущих классах**, но и **какими методическими приемами пользовался учитель при формировании тех или иных понятий.** И с этой точки зрения природоведение представляет особый интерес, поскольку оно является учебным предметом, в котором непосредственные (и притом систематические!) **наблюдения рассматриваются как важнейшая специфическая деятельность учащихся.** Разделом «Наблюдения» открываются программы по каждому курсу природове-

дения в 1—4 классах. Для изучения астрономии весьма существенно следующее:

а) тематика некоторых наблюдений по курсу природоведения (восход и заход Солнца, полуденная высота Солнца, ориентировки по Солнцу и Полярной звезде, зарисовка фаз Луны и др.);

б) многократность наблюдений, позволяющая проследить, например, изменение мест восхода и захода Солнца, полуденной высоты Солнца, вида Луны и т. д.;

в) в курсе природоведения детей **учат наблюдать**, обращают внимание на осмысливание наблюдаемого, учат грамотно фиксировать результаты наблюдений и т. д.;

г) при изложении астрономического материала на уроках природоведения используется демонстрационный метод, облегчающий понимание особенностей движения Земли, причин затмений и т. д. Необходимо отметить, что астрономическая тематика наблюдений в курсе природоведения соответствует возрастным особенностям учащихся (в 10 классе, во-первых, нет времени на проведение подобных наблюдений, во-вторых, очень трудно этими наблюдениями заинтересовать учащихся). Таким образом, следует с удовлетворением отметить, что фактически **впервые** появилась реальная возможность задолго до начала изучения астрономии в 10 классе организовать простейшие астрономические наблюдения.

В «Начальном курсе физической географии» и тесно связанном с ним факультативном курсе «Основы геодезии и картографии» (5 класс) учащиеся будут продолжать астрономические наблюдения. Они получают более строгое, чем в начальной школе, представление о форме и размерах Земли, познакомятся с географическими координатами, узнают, как люди представляли себе Землю в древности, каковы современные представления о внутреннем строении Земли (кора, мантия, ядро), о литосфере, гидросфере и атмосфере. В курс географии 5 класса вводятся также и другие важные для астрономии понятия: полярный день, полярная ночь, тропики и полярные круги, тепловые или климатические пояса и др. В 5 классе с астрономией в той или иной степени связано немало вопросов другого учебного предмета — истории: счет лет; культура древнего Египта, Греции, Китая, Индии; возникновение религии; происхождение Библии и сказочное объяснение в ней явлений природы; борьба науки и религии; непримиримость науки и религии; римский календарь и др.

В 6 классе курс географии («География материков», тема «Общие географические закономерности») завершается ознакомлением учащихся со строением земного шара, причинами смены времен года, дается общий обзор климатических поясов. В курсе истории 6 класса учащиеся узнают о развитии астрономии, математики, географии и других наук в арабских странах; о преследовании церковью еретиков; о реакционной роли инквизиции; о расцвете наук в эпоху Возрождения. В 6 классе начинается изучение физики — основной науки о природе. Современная физика все теснее сближается с астрофизикой. Поэтому необходимо в процессе преподавания физики в школе учитывать существующую взаимосвязь физики и астрономии. Конкретно это может быть легко реализовано в 6 классе уже при изложении «Введения», а также при объяснении таких важных вопросов, как масса тела, плотность вещества, тяготение и тяжесть. В 6 классе завершается курс ботаники. И здесь нетрудно указать на ряд вопросов, представляющих интерес и для астрономии (точнее астроботаники), и для космонавтики. Эти вопросы преимущественно сосредоточены в темах «Основные группы растений» и «Развитие растительного мира на Земле».

В курсе географии 7 класса («Физическая география СССР») бесспорный интерес для изучения астрономии имеют такие вопросы, как «Часовые пояса и разница во времени на территории СССР», «Таблица геологического летоисчисления. Знакомство с методами определения относительного и абсолютного возраста горных пород», «Солнечная радиация» и др. Из курса физики 7 класса для усвоения астрономии существенны способы передачи теплоты, агрегатные состояния вещества, первоначальные сведения о строении атома, понятия о Солнце как главном источнике энергии на Земле, о магнитном поле Земли. В курсе истории 7 класса есть ряд вопросов, изложение которых в определенной мере связано с астрономией (развитие естествознания и технических знаний в России XVIII в., основание Академии наук, характеристика жизни и деятельности великого русского ученого М. В. Ломоносова). Зоология выявляет взаимосвязь животных с окружающей средой и доказывает, что приспособленность животных к окружающей среде сложилась исторически и носит относительный характер. Курс зоологии в целом, и особенно темы «Жизнь животных в разных природных условиях» и «Развитие животного мира на Земле», содержит фактический

материал, дающий учащимся представление об условиях, в которых возник и развивался животный мир нашей планеты. В 7 классе начинается изучение курса химии. Уже с этого возраста учащиеся оперируют химическими символами, пишут химические формулы и т. д., что, конечно, необходимо использовать в преподавании астрономии в 10 классе. Наконец, в курсе черчения (7 класс) учащиеся обучаются построению эллипса, что избавит учителя астрономии от объяснения этого вопроса при изложении законов Кеплера.

В 8 классе курс физики посвящен вопросам механики. Эти вопросы связаны с небесной механикой и теорией полетов. На этом этапе учащиеся узнают о значении работ К. Э. Циолковского для космонавтики, об успехах Советского Союза в освоении космического пространства, о законе всемирного тяготения, движении планет и искусственных спутников, знакомятся с расчетом первой космической скорости, невесомостью, перегрузками и т. д. В 8 классе в курсе химии изучаются периодический закон и периодическая система элементов Д. И. Менделеева. Очевидна связь с астрофизикой этой исключительно важной темы, и особенно вопроса «Значение периодического закона для научно-материалистического мировоззрения и развития науки и техники». В курсе истории 8 класса рассматриваются достижения русской науки XIX в. Здесь имеется возможность, характеризуя открытия, сделанные крупнейшими представителями русской науки, указать на их вклад в развитие всего естествознания и, в частности, астрономии. В число задач, решаемых в курсе математики (тема «Тригонометрические функции»), можно было бы легко включить задачи с астрономическим содержанием.

9 класс предшествует систематическому изучению астрономии. Здесь очень важно было бы вновь привлечь внимание учащихся к астрономическим наблюдениям. В 9 классе учитель физики (именно учитель физики должен в 10 классе преподавать астрономию!) мог бы приступить к непосредственной подготовке учащихся к изучению астрономии, предлагая им задания для самостоятельных наблюдений в течение учебного года и в период летних каникул. Из вопросов, представляющих в курсе физики 9 класса интерес для астрономии, следует особо отметить понятия об абсолютной температуре и о плазме. На уроках математики в 9 классе учащиеся будут изучать производную функции и продолжат изучение тригонометриче-

ских функций. Эти темы можно было бы иллюстрировать интересными задачами астрономического содержания. На уроках истории в 9 классе («Новая история» и «История СССР») рассматриваются такие вопросы, как важнейшие достижения науки в конце XIX и начале XX вв., мировое значение русской науки, борьба за торжество прогрессивного мировоззрения в русской науке. Последующее ознакомление учащихся с проблемой жизни во Вселенной облегчает одна из тем курса химии — «Круговорот углерода в природе».

Даже из краткого перечисления, которым мы вынуждены пока ограничиться, видно, что, приступая в 10 классе к изучению астрономии, учащиеся могут иметь довольно разнообразные сведения по астрономии, полученные в предшествующих классах на уроках по разным предметам, на кружковых занятиях, а также дополненные фактами из области астрономии и космонавтики, широко обсуждаемыми на страницах газет, научно-популярных книг и журналов. Что именно узнали учащиеся по астрономии и космонавтике к началу обучения в 10 классе, можно выяснить, если без предварительного предупреждения предложить им написать на первом уроке астрономии небольшое сочинение (без «оценки»).

При таком подходе изучение астрономии в 10 классе **не начинается, а продолжается**, знания учащихся по астрономии систематизируются, уточняются, углубляются и расширяются.

В данной статье мы не касаемся многочисленных вопросов формирования астрономических понятий при изучении систематического курса астрономии, являющегося **основным источником знаний учащихся по астрономии**. Ограничимся лишь замечанием о том, что новая программа по астрономии, которая вводится с 1969/70 учебного года, в определенной степени отражает основные тенденции развития современной науки. При составлении новой программы были в основном учтены обсуждавшиеся на IV съезде ВАГО (Рига, 1965 г.) предложения о пересмотре содержания и структуры школьного курса астрономии. В новой программе сделана попытка сосредоточить внимание на изучении астрофизики, более глубоко и продуманно познакомить учащихся с современными методами и результатами исследований*. Разумеется, многое будет зависеть от того, на-

сколько успешно воплотятся идеи новой программы в новом учебнике астрономии.

Важно, чтобы и в 10 классе изучение астрономии было тесно связано с другими учебными предметами. Этому способствуют в значительной степени новые программы по физике, математике, обществоведению, химии и общей биологии. В каждом из этих предметов немало вопросов, которые желательно связать с астрономией. В курсе физики — вопросы радиофизики, радиолокации, геометрической и физической оптики, основы теории относительности, физики атомного ядра, элементарных частиц, ядерной энергии. Математика, включающая развитие представлений о производной, понятие об определенном интеграле и его применении к вычислению площадей, понятие о счетно-электронных машинах и т. д., позволяет достаточно широко использовать расчеты при изложении курса астрономии. В обществоведении 10 класса немало вопросов, благодаря которым можно сделать философские обобщения при изучении курса астрономии. Было бы очень странно, если бы на уроках астрономии «забывалось», что учащимся знакомы из курса обществоведения основные понятия и категории материалистической философии (основные формы существования материи, всеобщая связь и взаимная обусловленность явлений, всеобщий характер законов диалектики, познаваемость мира, непримиримость материализма и идеализма и т. д.). Химия и общая биология, изучаемые в 10 классе, содержат материал, позволяющий дать учащимся представление о химическом составе небесных тел, о распространенности химических элементов во Вселенной, о проблеме жизни во Вселенной и т. д. Темы из курса общей биологии: «Развитие органического мира», «Возникновение жизни на Земле», «Основы генетики и селекции», «Организм и среда», «Биосфера и человек» — насыщены вопросами, важными для астрономии и космонавтики. С этой точки зрения особенно интересны следующие вопросы: деление истории Земли на эры; развитие жизни на Земле; море как первичная среда развития жизни; пути и направления эволюции; космическая роль земных растений; поглощение хлорофиллом лучистой энергии; продукты фотосинтеза; роль кислорода в жизни организмов; роль влажности в жизни организмов; Ф. Энгельс о происхождении жизни; жизнь как качественно особый этап в развитии материи и форм ее движения; современные теории возникновения жизни на Земле (А. И. Опарин и др.); понятие о роли мута-

* О курсе астрономии средней школы см. «Земля и Вселенная», № 1, 1965 г. и № 1, 1968 г.

ции в процессе искусственного и естественного отбора; биосфера как результат длительной эволюции органического мира, замкнутые биосистемы управления обменом веществ (гидропоника, культивирование хлореллы); задачи космической биологии и др.

Наконец, обратим внимание на то, что в курсе «Истории СССР» включен не только общий вопрос «Достижения советской науки и техники», но и особо выделены «Выдающиеся успехи СССР в освоении космического пространства». Вопросы научно-технической революции середины XX в. рассматриваются и в курсе «Новейшей истории» в теме «Развитие культуры в новейшее время».

Трудность практического осуществления взаимосвязи астрономии с другими учебными предметами в 10 классе состоит не в том, что нет общих точек соприкосновения между разными предметами. **Таких точек, как мы видели, немало**, а в том, что имеющиеся точки соприкосновения «разнесены» во времени, программы плохо согласованы между собой (например, атомная физика, знание которой необходимо учащимся при изучении всего курса астрономии, является последней темой курса физики в средней школе) *. Один из наиболее простых путей преодоления этой трудности — **развитие системы факультативных занятий по астрономии**, системы, позволяющей более подробно изучать избранные вопросы астрономии и предусматривающей соответствующее разнообразие тематики факультативных курсов.

Постепенно уходит в прошлое время, когда учащиеся могли «проходить» астрономию в

* Особо следует отметить, что даже в специальных школах с углубленным изучением физики и математики отсутствует связь между математикой и физикой, с одной стороны, и астрономией — с другой. Этим в значительной степени объясняется низкий уровень преподавания астрономии во многих физико-математических школах. Необходимо разработать курс астрономии (программа, учебник, методическое руководство) для физико-математических школ.

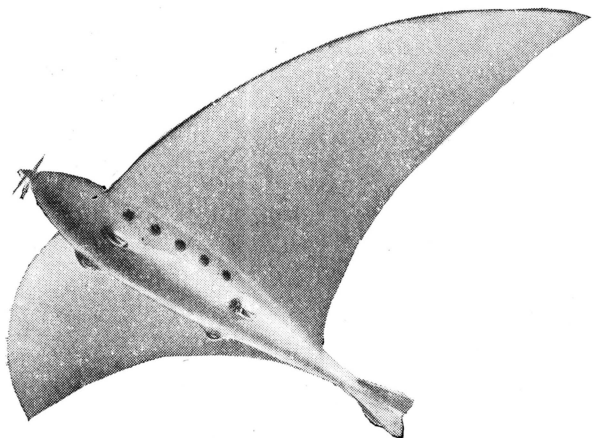
один год. Ведь сегодня никто не станет серьезно говорить о возможности подготовки в течение одного года профессиональных астрономов, хотя когда-то год серьезных занятий астрономией считался солидным стажем. Так, в основном каноне индийской астрономии «Сурья-Сиддханте», созданном около 400 г. н. э., в главе, посвященной затмениям, значится: «Эту тайну богов не следует разглашать всем подряд: она должна становиться известной хорошо испытанному ученику, в течение года проходившему обучение»...

В настоящее время еще не разработана единая стройная система изучения основных учебных предметов в тесной связи с астрономией и космонавтикой, хотя необходимость этого начинает ощущаться уже сейчас, в первые годы космической эры. Когда такая система будет разработана, тогда можно будет говорить более конкретно о постепенном формировании астрономических понятий на протяжении всех десяти лет обучения учащихся в средней школе. Вклад в разработку этой системы может сделать **каждый учитель астрономии**, который путем личного общения со своими коллегами, преподающими другие предметы, выступлениями на педагогических советах, методических совещаниях, а также в периодической печати сумеет увлекательно рассказать об идее использования данных астрономии на уроках по разным предметам. Учитель астрономии, конечно, прежде всего должен быть заинтересован в том, чтобы в 10 классе не пришлось «переучивать» и чтобы предварительное ознакомление учащихся с элементами астрономии высвободило время для более глубокого изучения систематического курса астрономии. Хочется надеяться, что уже в ближайшие годы появится возможность обобщить наиболее эффективный опыт работы тех школ, в которых по инициативе учителя астрономии элементом науки о Космосе будет уделяться внимание в процессе преподавания различных учебных предметов и в младших, и в старших классах.

Вниманию учителей астрономии!

Учебно-методическая секция Центрального совета ВАГО просит присылать отзывы и замечания о новом учебнике по астрономии для средней школы. Отзывы можно присылать в редакцию журнала «Земля и Вселенная».

Читатели, заинтересованные в приобретении недостающих номеров журнала «Земля и Вселенная», могут направлять заказы по адресу: Москва, В-463, Мичуринский пр., д. 12, магазин «Книга-почтой» «Академкнига». Комплекты журнала за 1967 г. и некоторые отдельные номера высылаются наложенным платежом.



Музей звездоплавания

И. С. БОРОЧЕНЦЕВ

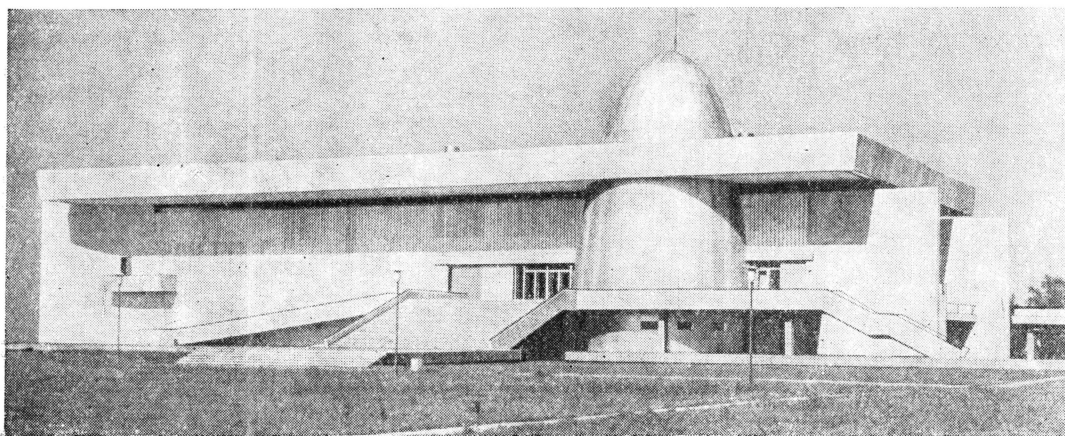
С целью увековечения памяти К. Э. Циолковского и космических подвигов советского народа академики И. П. Бардин, А. А. Благовровов, Л. И. Седов, А. Н. Туполев и другие видные ученые выступили на страницах печати с предложением организовать Государственный музей истории ракетной техники и космонавтики в Калуге, где долгие годы жил и работал К. Э. Циолковский.

ЦК КПСС и Советское правительство поддержали инициативу ученых. И вот 13 июня 1961 г. Юрий Алексеевич Гагарин после легендарного полета в космос посетил

Калугу и заложил первый камень в основание будущего музея.

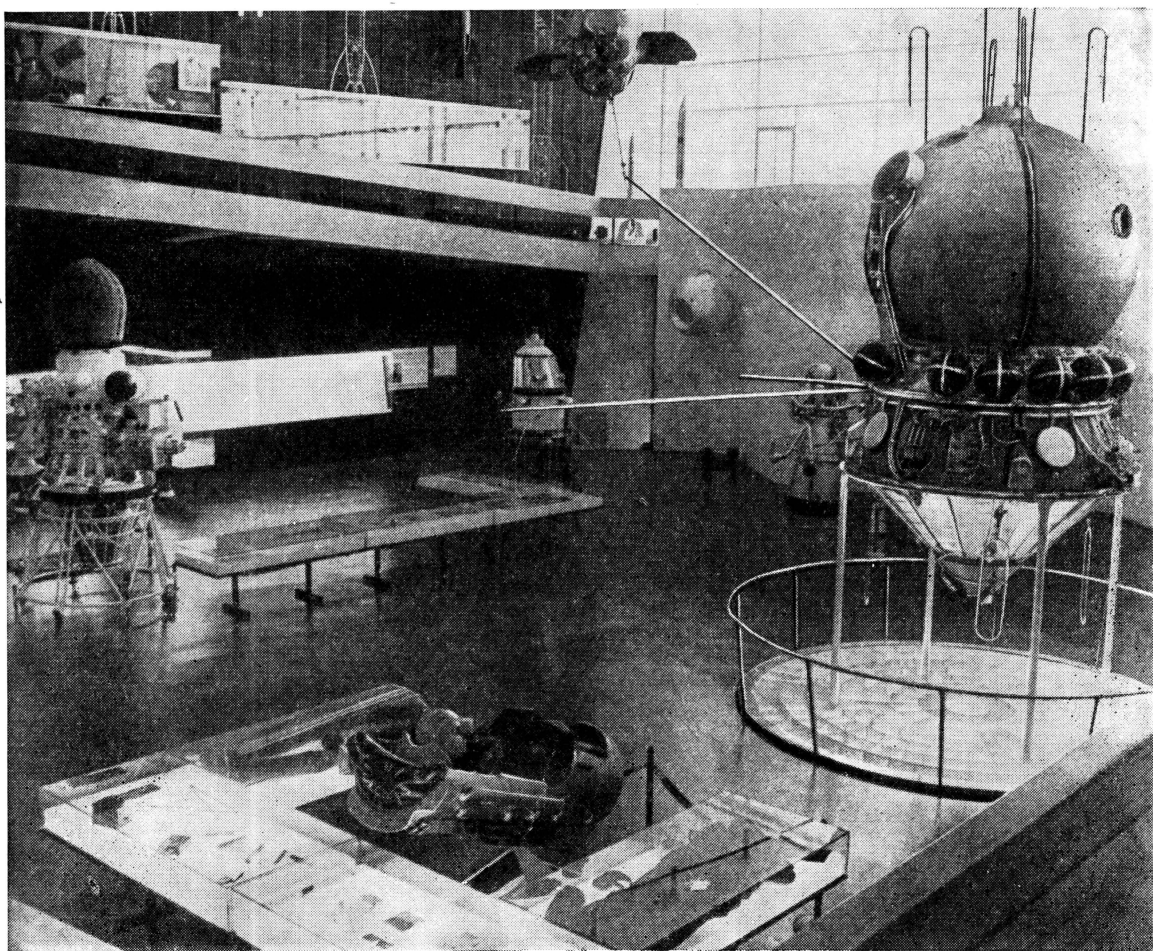
Минуло 6 лет, насыщенных многими выдающимися событиями в освоении космоса. Один за другим следуют полеты советских космонавтов, запускаются искусственные спутники Земли, межпланетные автоматические станции. А в это время в Калуге за парком, в центре которого покоится прах патриарха звездоплавания, растет здание Государственного музея истории космонавтики имени К. Э. Циолковского.

3 октября 1967 г., в канун 50-летия Со-



ЗДАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО МУЗЕЯ истории космонавтики имени К. Э. Циолковского





ОБЩИЙ ВИД зала «Космос»

ветской власти и 10-летия космической эры, в торжественной обстановке был открыт новый музей. На митинге, посвященном этому знаменательному событию, в присутствии десятков тысяч калужан выступили космонавт А. Г. Николаев, ученые, общественные деятели.

Здание, сооруженное по проекту архитекторов Б. Бархина, Е. Киреева, В. Строгого, Н. Орловой, К. Фомина, отличается современными простыми и лаконичными формами. Вытянутый прямоугольный корпус имеет каменные продольные стены и стеклянные торцовые. Через огромные витражи в

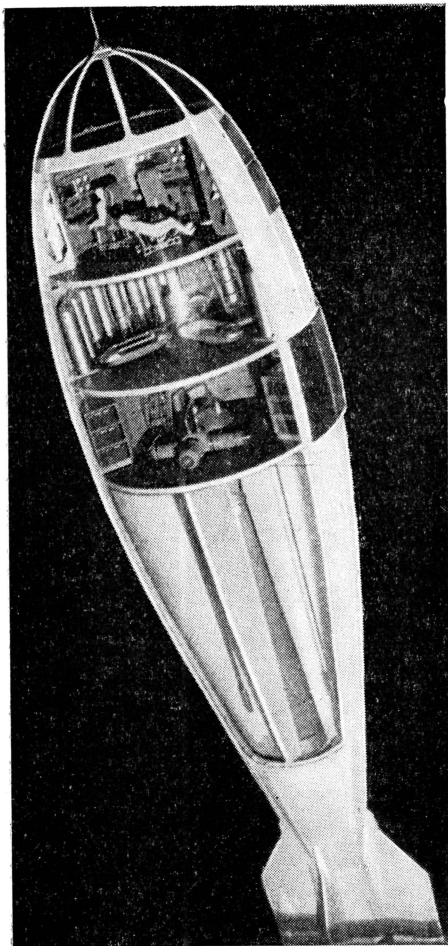
залы музея льются потоки света. Крыша здания плоская. Со стороны главного входа в фасад врезан алюминиевый эллипсоид купола планетария, придающий пластичность архитектурному облику здания.

Планировка внутренних помещений музея подчинена задаче создания единой композиции при четком разделении выставки на основные темы.

Главный вход, расположенный со стороны парка, ведет посетителей в просторный вводный зал. К залу примыкает планетарий на 130 мест, имеющий совершенный проекционный аппарат, три киноаппарата различного назначения и усилительное устройство для звукового сопровождения лекций.

Экспозиция вводного зала строга и торжественна. Посетители видят здесь огромное мозаичное панно «Советские люди — поко-

ОБЕЛИСК НА МОГИЛЕ К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО.
Авторы проекта: архитектор Б. П. Дмитриев, скульпторы И. М. Вирюков, Ш. А. Муратов



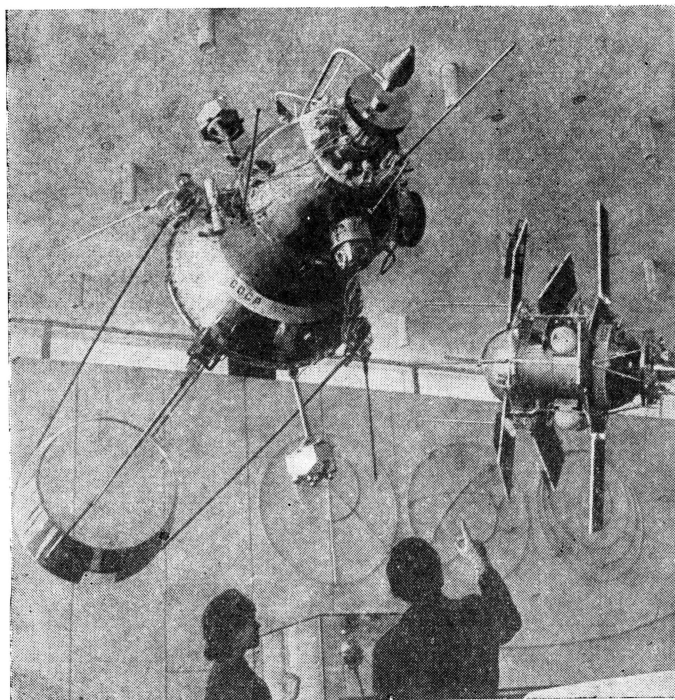
МАКЕТ пассажирской космической ракеты К. Э. Циолковского

рители космоса». Автор этого произведения художник Андрей Васнецов.

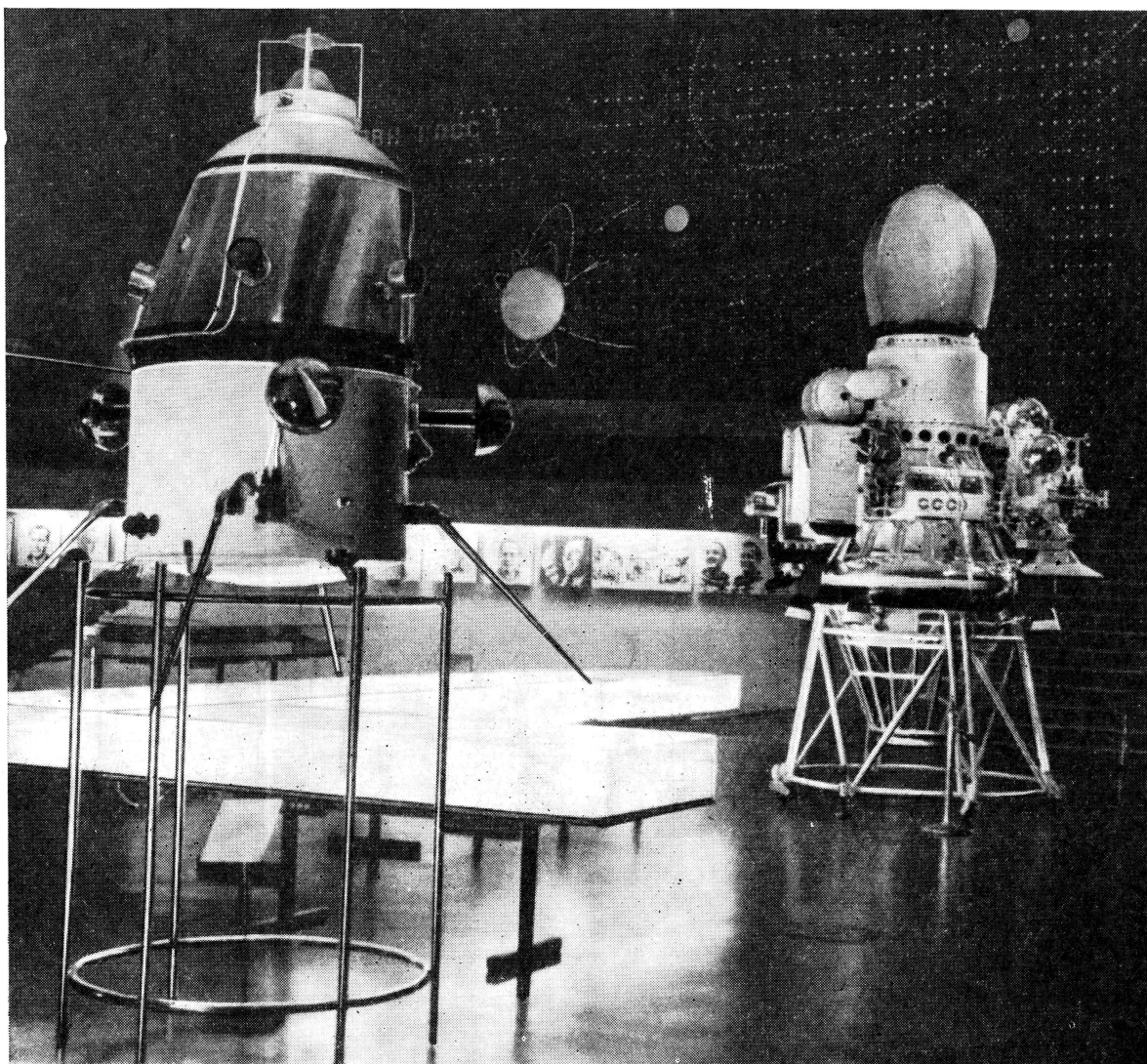
На противоположной стене — горельефные портреты Николая Коперника, Джордано Бруно, Иоганна Кеплера, Галилео Галилея, Исаака Ньютона, Михаила Ломоносова, Константина Циолковского, Альберта Эйнштейна. Труды и открытия этих великих ученых в познании Вселенной приблизили человечество к штурму космоса. Чеканенные из посеребренной меди горельефы выполнены скульпторами Д. Шаховским и И. Васнецовой.

К потолку между вводным залом и верхним этажом здания подвешена точная копия первого искусственного спутника Земли, который как бы парит в воздухе.

Мраморная лестница ведет посетителей на второй этаж. В зале научной биографии К. Э. Циолковского демонстрируются труды ученого по воздухоплаванию, авиации, космонавтике и другим научно-техническим проблемам. Экспозиция открывается словами В. И. Ленина: «Напрасно думают, что она (фантазия) нужна только поэту. Это глупый предрассудок! Даже в математике она нужна, даже открытие дифференциального и интегрального исчисления невозможно было бы без фантазии. Фантазия есть качество величайшей ценности...» (В. И. Ленин. Соч., т. 33, изд. 4, стр. 284).



ЗАЛ «КОСМОС». Искусственные спутники Земли серии «Космос»



ФРАГМЕНТ ЭКСПОЗИЦИИ ЗАЛА «КОСМОС». На переднем плане — первый искусственный спутник Луны — автоматическая лунная станция «Луна-10», далее — автоматическая лунная станция «Луна-9», впервые в мире осуществившая мягкую посадку на Луну и передачу на Землю панорамы лунной поверхности

Зал украшает монументальный портрет Константина Эдуардовича, выполненный резьбой по тонированному гипсу художником Б. Тальбергом.

Главный экспонат зала — 4,5-метровый макет пассажирской космической ракеты. Модель построена в полном соответствии с принципами создания космического корабля будущего, изложенными в научных трудах К. Э. Циолковского. Записи и рисунки Циолковского по ракетодинамике выгравированы

на органическом стекле, которое изнутри подсвечивается.

Осмотрев зал научной биографии К. Э. Циолковского, посетители получают ясное представление о широте научного диапазона ученого, о его многолетней титанической работе.

В следующем зале, посвященном претворению идей К. Э. Циолковского в жизнь, — выставка на темы: история развития реактивной техники в период с 1917 по 1945 г.;

изучение высоких слоев атмосферы и ближнего космоса с помощью ракет; искусственные спутники Земли на службе народного хозяйства. Здесь же представлены натурные экспонаты: первый, второй и третий искусственные спутники Земли, автоматическая межпланетная станция, впервые сфотографировавшая обратную сторону Луны, автоматическая станция «Венера-1» и автоматическая лунная станция «Луна-9», космический корабль «Восток», ракетные двигатели и другие космические аппараты.

Особой гордостью музея является уникальный, подлинный экспонат — кабина корабля «Восток-5», в которой летчик-космонавт В. Ф. Быковский совершил свой замечательный полет 14—19 июня 1963 г.

В этом зале оборудован «Календарь космических дат». На огромном экране показаны основные орбиты искусственных спутников Земли, траектории межпланетных станций.

Государственный музей истории космонавтики имени К. Э. Циолковского — новый тип советского музея. В нем удачно сочетаются архитектурные формы здания с отделкой интерьеров. Идейному содержанию экспозиции соответствует художественное оформление, выполненное в духе социалистического реализма.

Авторы проекта художественного оформления экспозиции художники С. А. Семенов и Ю. И. Антонов с чувством меры и такта применили элементы многих жанров изобразительного искусства: монументальную роспись, мозаику, скульптуру и графику — все это придало особую теплоту системе показа. Интересное композиционное и цветовое решение создает выгодный фон для главных экспонатов музея.

В экспозиции широко применены новые технические методы показа: электроника, автоматика, кино, динамические экспонаты. Популярность и доходчивость изложения самых сложных научных проблем делает экспозицию музея доступной для посетителей разной степени подготовленности, разного возраста и профессий.

В первый год работы музей посетили около 400 тыс. экскурсантов из различных районов нашей страны, а также из-за рубежа. Много восторженных отзывов записано в «Книге посетителей».

Коллектив научных сотрудников музея продолжает работу над усовершенствованием тематико-экспозиционного плана, над пополнением музея новыми уникальными экспонатами, свидетельствующими о дальнейшем успешном освоении космического пространства советскими людьми.



КНИГИ ПО АСТРОНОМИИ в 1970 г. (ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»)

По разделу учебной литературы новым переработанным изданием выходит «Курс общей астрономии». Авторы П. И. Бакулин, Э. В. Кононович и В. И. Мороз учли последние достижения астрономии и внесли ряд методических улучшений.

Продолжается выпуск серии книг «Нестационарные звезды и методы их исследования». Кроме монографии «Пульсирующие звезды», издание которой перенесено на первую половину 1970 г., намечается выпуск второй книги этой серии: «Эруптивные звезды».

Подготовлена к изданию монография Р. Е. Гершберга «Вспышки красных карликовых

звезд», содержащая полный обзор наблюдательных и теоретических данных о вспыхивающих звездах типа UV Кита.

История календаря и хронология» С. И. Селешникова — самое полное изложение на русском языке проблем, освещаемых в книге.

Готовится к выпуску монография К. А. Куликова и В. Б. Гуревича «Основы лунной астрометрии», посвященная вопросам проведения, обработки и использования астрометрических наблюдений с поверхности Луны. Такая монография в мировой литературе появляется впервые.

В разделе справочной литературы предусмотрен выпуск ежегодного «Астрономического календаря», а также фундаментального «Справочного руководства по небесной механике и астроди-

намике», подготовленного В. К. Абалакиным, Е. П. Аксеновым, Е. А. Гребениковым и Ю. А. Рябовым.

Популярная литература представлена, в основном, переработанными и дополненными изданиями ряда книг, которые после выхода в свет привлекли внимание читателей и нередко использовались в качестве учебных пособий: Т. А. Агекян «Звезды, галактики, Метагалактика», К. А. Гильзин «Электрические межпланетные корабли» и С. А. Каплан «Физика звезд». Обзору проблем, стоящих перед планетной астрономией, посвящена книга Д. Я. Мартынова «Планеты. Решенные и нерешенные проблемы».

И. Е. РАХЛИН
заведующий редакцией
астрономической литературы
издательства «Наука»



НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ

Многие ли десятилетние школы имеют свои обсерватории? К сожалению, пока нет. А вот при восьмилетней школе в селе Николаевском Кировской области уже второй год работает обсерватория. Публикуя заметку Л. П. Гребенева, редакция надеется, что за этим первым сообщением о школьной обсерватории последуют другие.

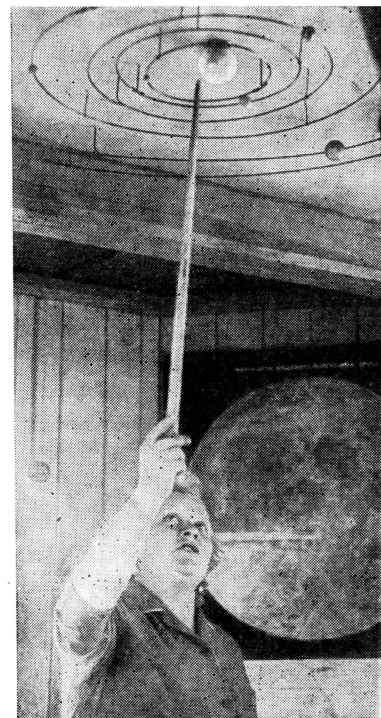
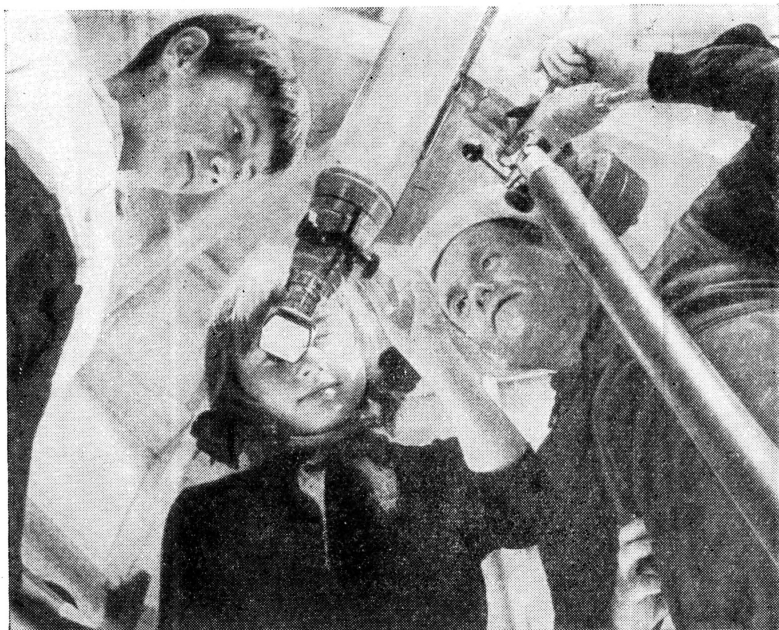
Школьная обсерватория в селе





Учащиеся начальных классов знакомятся с солнечными часами, установленными перед входом в обсерваторию

Во время наблюдения Солнца



Учительница Е. П. Ковязина знакомит школьников со строением солнечной системы

Разве не интересно самим «поближе» рассмотреть Луну, заглянуть в глубины Вселенной? Но ведь не везде можно построить большую и хорошо оборудованную обсерваторию. А вот строительство маленькой школьной обсерватории оказалось под силу учителям и учащимся села Николаевского. Учителя сами разработали проект здания. Место для будущей обсерватории выбрали на школьной географической площадке. Сельский Совет выделил необходимые средства и материалы, а Кировский облоно помог приобрести хороший школьный рефрактор.

Вскоре закипела работа. Визжали пилы в школьной мастерской, стучали молотки. Учащиеся 5—8 классов, у многих из которых на уме еще были рогатки и воробьи, начали строить обсерваторию!

Строили в своеобразном порядке: сначала купол, как наиболее сложную часть здания, потом башню и уж в последнюю очередь — само здание. С увлечением, с энтузиазмом работали ребята. Взрослые помогли им покрыть крышу жестью, выточить массивный маятник Фуко, поставить перед входом цементные полушария Земли, застеклить окна.

Строили три года. И вот в начале лета 1968 г. обсерватория была готова. Каждому приятно войти в этот небольшой, но настоящий «храм науки». В звездном зале свободно размещается класс в 25—30 человек. На стендах — карта Луны, подвижная карта звездного неба, портреты астрономов, фотографии галактик, звезд, Солнца и различных небесных явлений. В застекленных нишах — макеты, представляющие Пулковскую обсерваторию, спуск автоматической межпланетной станции «Венера-4» в атмосфере Венеры, космический корабль на Луне. В центре выставки — стенд, посвященный М. В. Ломоносову. На потолке — макет планетной системы, посередине зала — маятник Фуко.

Но всех ребят притягивает телескоп, установленный наверху, в башне, откуда в ясные ночи ведутся наблюдения. Пытливый взгляд юных астрономов устремляется далеко — к планетам и звездам. С восхищени-

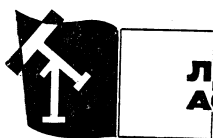


Е. П. Ковязина и школьники у маятника Фуко

ем они рассматривают лунные горы, кратеры; обсуждают, в каком море лучше всего «прилуниться»... Ну, а если погода не радует, занятия проводятся в классе. Ребята изучают основы сферической астрономии, выступают с докладами на различные астрономические темы. Все это помогает учебе. Астрономический кружок при Николаевской восьмилетней школе все шире развертывает свою работу.

Л. П. ГРЕБЕНЕВ

Фото автора



Цефеиды типа W Девы

Классические цефеиды* — так теперь часто называют звезды, подобные δ Цефея и η Орла, — имеют малые галактические широты и располагаются вблизи экваториальной плоскости Галактики. Их пространственное движение можно характеризовать как «организованное», поскольку все классические цефеиды участвуют во вращении Галактики. Классические цефеиды обладают высокими светимостями, причем у звезд с большим периодом изменения блеска светимость выше. Хотя спектральный класс цефеид меняется при изменении блеска (в максимуме он становится более ранним), средний спектральный класс зависит от периода. Чем продолжительнее период, тем позднее средний спектральный класс звезд.

Но уже давно обнаружена цефеида W Девы, галактическая широта которой равна $+58^\circ$. Скорость пространственного движения этой звезды очень велика и не может быть приписана галактическому вращению. Как теперь выяснено, ее светимость примерно на 1,5 звездной величины ниже светимости классических цефеид с таким же периодом. Спектральный класс W Девы изменяется от F 2e (у δ Цефея — F 4) в максимуме до G 6e (у δ Цефея — G 6) в минимуме. Таким образом, звезда оказывается более голубой, чем классические цефеиды. В ее спектре появляются (чаще во время возрастания блеска) эмиссионные линии водорода. Интересно, что эмиссионные линии раздвоены.

Раздвоение спектральных линий показывает, что в моменты возрастания блеска во внешних слоях звезды возникают два слоя: опадающий к центру звезды и поднимающийся из ее недр. Встречаясь друг с дру-

гом, они нагреваются — образуется ударная волна, сопровождающаяся повышенной ионизацией, с которой и связано появление эмиссионных линий.

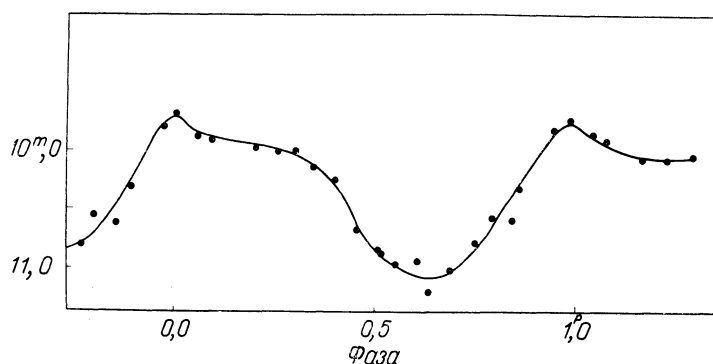
Хотя колебания блеска и лучевых скоростей классических цефеид и цефеид типа W Девы вызваны одной и той же причиной, а именно атмосферными пульсациями, физические различия этих объектов очевидны. Звезды типа W Девы можно выделить в особый подкласс цефеид. К этому подклассу относится значительное количество звезд, но их, вообще говоря, меньше, чем классических цефеид.

Цефеиды типа W Девы встречаются не только в высоких галактических широтах. Например, звезда AP Геркулеса, принадлежащая к этому типу цефеид, имеет галактическую широту всего $+6^\circ$. Цефеиды типа W Девы концентрируются к центру Галактики и образуют сферическую подсистему.

Цефеиды типа W Девы отличаются от классических и формой кривой блеска. У них широкие максимумы и сравнительно узкие минимумы. Замечено (но еще недостаточно изучено), что форма кривой блеска переменна. На ней то появляется, то исчезает горбик, который расположен на нисходящей ветви кривой блеска. У классических цефеид с такими же периодами горбик находится на восходящей ветви кривой блеска.

Выделение подкласса цефеид типа W Девы оправдано еще одной причиной. Оказалось, что в шаровых звездных скоплениях — наиболее типичных представителях сферической составляющей Галактики — в небольшом количестве есть цефеиды с такими же периодами и формой кривой блеска, как цефеиды типа W Девы. Таким образом, устанавливается их родство. Так как шаровые звездные скопления являются самыми старыми

* Подробнее об этом типе переменных звезд см. «Земля и Вселенная», № 3, 1969 г., стр. 81.



КРИВАЯ БЛЕСКА W Девы, построенная по наблюдениям Чанга (1914 г.)

среди исследованных систем Галактики, можно полагать, что цефеиды типа W Девы имеют гораздо больший возраст, чем классические цефеиды.

Какие наблюдательные задачи может поставить перед собой любитель астрономии, если он захочет изучать цефеиды типа W Девы? Во-первых, можно путем систематических наблюдений исследовать, как изменяется форма кривой блеска. Но для этого нужен большой ряд возможно более точных наблюдений. Во-вторых, можно изучить стабильность колебаний их блеска. Дело в том, что у цефеид типа W Девы переменный период.

Если период звезды постоянен, то наблюдаемые моменты максимумов выражаются формулой:

$$\text{Мах} = M_0 + P \cdot E,$$

где M_0 — начальный момент максимума, P — период и E — номер максимума (целое число). Отклонения от этой формулы, остатки $O-C$, должны располагаться в пределах

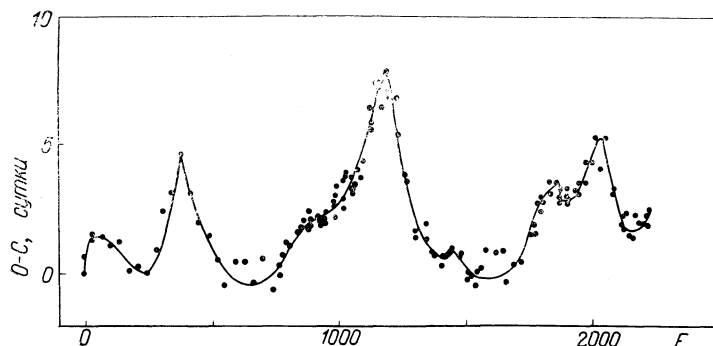
ошибок наблюдений. Если их представить графически, отложив на горизонтальной оси номер E , а на вертикальной — величины $O-C$, то в случае постоянства периода все точки должны попасть внутрь узкой полосы около горизонтальной оси. У цефеид типа W Девы остатки $O-C$ колеблются циклически с очень большой амплитудой. Например, у звезды AP Геркулеса при периоде изменения блеска, равном 10,4 суток, остатки $O-C$ достигают 7 суток! Цикличность колебаний показывает, что это явление не случайное.

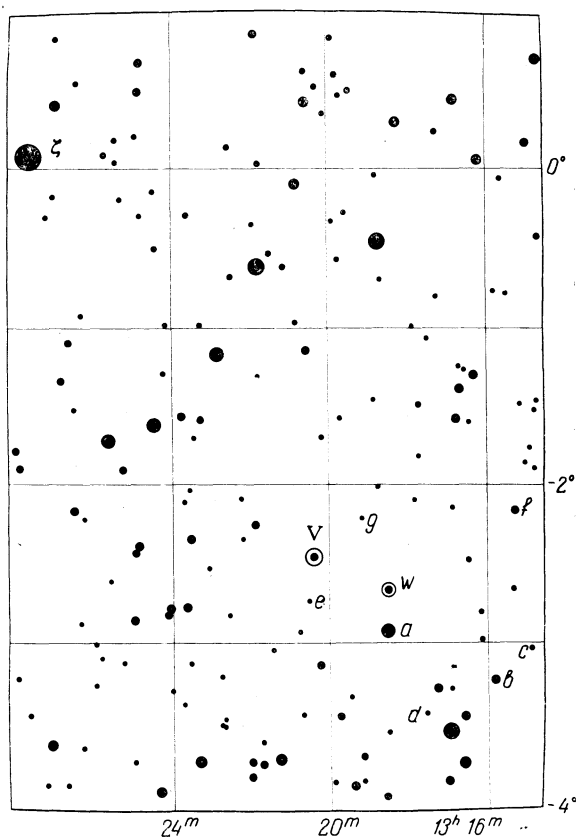
Иногда график $O-C$ может состоять из отрезков ломаной линии. В таком случае период менялся скачкообразно.

Чем могут быть вызваны изменения остатков $O-C$?

Накопление остатков может быть результатом случайных отклонений индивидуальных значений периода от его среднего значения. Тогда по графику $O-C$ удастся определить величину, характеризующую случайную нестабильность периода. Реальное изменение периода (особенно скачкообразное) может

ЦИКЛИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ
периода изменения блеска звезды AP Геркулеса в течение 60 лет. График построен на основе оценок блеска звезды, сделанных В. П. Цесевичем по снимкам патрульной службы неба Гарвардской обсерватории (США), по наблюдениям Я. Т. Капко (Львовская обсерватория) и по всем опубликованным данным многих наблюдений





Звезды сравнения
 $\alpha = 7^m, 30$ $\epsilon = 10^m, 25$
 $\beta = 8^m, 78$ $\zeta = 10^m, 34$
 $\gamma = 9^m, 50$ $\eta = 11^m, 45$
 $\delta = 10^m, 10$

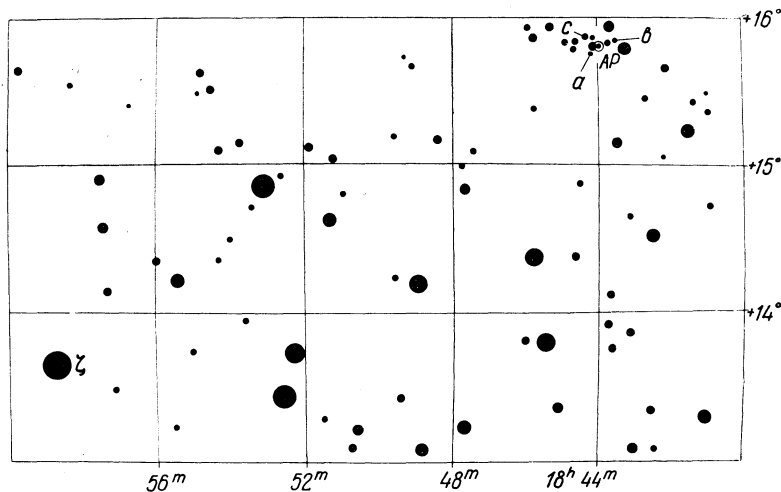
быть также вызвано перестройкой структуры оболочки звезды. Так как период благодаря большому количеству колебаний блеска, протекающих в обозримый срок, определяется очень точно, малейшие его изменения становятся заметными даже не из очень точных наблюдений. Чтобы возможно тщательнее проследить за изменениями периода, необходимо регулярно наблюдать цефеиды, и особенно цефеиды типа W Девы, так как у них изменения периодов имеют большую амплитуду, чем у классических.

В небольшой телескоп можно наблюдать цефеиды W Девы и AR Геркулеса. Обнаружить их на небе помогут поисковые карты. На этих картах изображены и звезды сравнения. Как же, пользуясь картой, отыскать интересующую нас переменную звезду? Прежде всего следует найти в искатель самую яркую на карте звезду, а затем — переводить телескоп от одной звездной конфигурации к другой, до тех пор пока не наведем его на нужную нам переменную.

Элементы звезд W Девы и AR Геркулеса, необходимые для обработки наблюдений:

W Девы: $\text{Min} = 2\,432\,698,01 + 17,2768 \cdot E$;
 $M = 9^m, 5$; $m = 10^m, 4$.

ПОИСКНАЯ КАРТА и звезды сравнения для W Девы. Яркая звезда — ξ Девы. На карте изображена также долгопериодическая переменная V Девы. Координаты эпохи 1855,0



Звезды сравнения
 $\alpha = 9^m, 02$
 $\beta = 10^m, 21$
 $\gamma = 11^m, 11$

ПОИСКНАЯ КАРТА и звезды сравнения для AR Геркулеса. Яркая звезда ζ Орла. Координаты эпохи 1855,0

АР Геркулеса: $M_{\text{max}} = 2\,434\,606,60 + 10,412 \cdot E$;
 $M = 10^{\text{m},5}$; $m = 11^{\text{m},2}$.

Эти элементы можно использовать лишь для построения средних кривых блеска. Вычислять по ним эфемериду, т. е. предсказывать моменты минимума для W Девы и максимума для АР Геркулеса, нельзя, так как периоды звезд переменны.

В. П. ЦЕСЕВИЧ
 профессор

Метеоры в ноябре—декабре

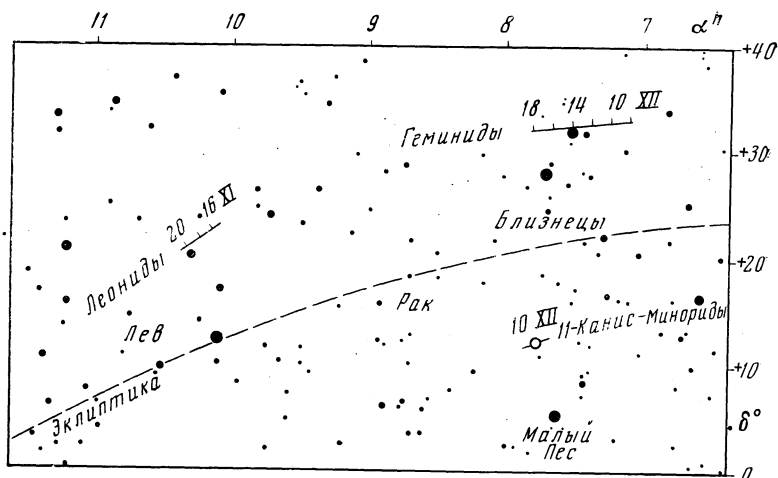
В конце года при благоприятной погоде можно наблюдать много метеорных потоков. В ноябре продолжают мелькать Тауриды, радиант которых расположен в созвездии Тельца, потом появляются Леониды с радиантом в созвездии Льва. Мы подробно писали об этом удивительном потоке, когда в 1966 г. непродолжительный, но обильный звездный дождь прошел над Арктикой и Америкой (см. «Земля и Вселенная», № 4, 1966 г.). С тех пор комета Темпеля — Тутля, с которой связаны Леониды, удалилась от Земли настолько, что наблюдениям стали доступны лишь разреженные области роя.

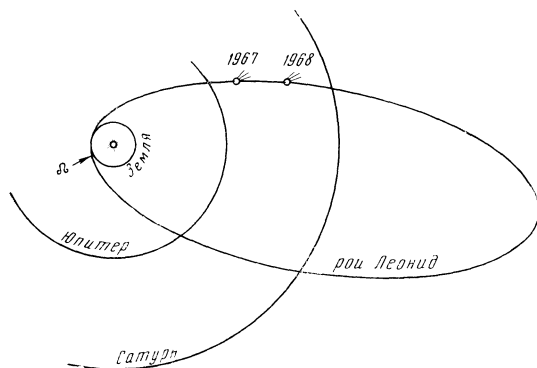
В 1967 г. поток Леонид был беден. По визуальным наблюдениям в Калифорнии (США), Земля пересекла наиболее плотную часть роя на своем пути 17 ноября в 12 часов всемирного времени. Часовое число в этот момент не достигало 40. Правда, наблюдени-

ям мешала Луна, но если бы даже Луны не было, часовые числа не превзошли бы 100. В 1968 г. Леониды на несколько часов оказались обильнее Персеид и Геминид. Максимум метеорного потока Леонид наступил 17 ноября в 11 часов 40 минут всемирного времени, часовое число превысило 100. В последние два года активность этого потока очень быстро возрастала перед максимумом, и после него падала медленнее. Раньше происходило наоборот. В Европе моменты максимума Леонид в 1967 и 1968 гг. наблюдать не удалось, так как радиант находился под горизонтом.

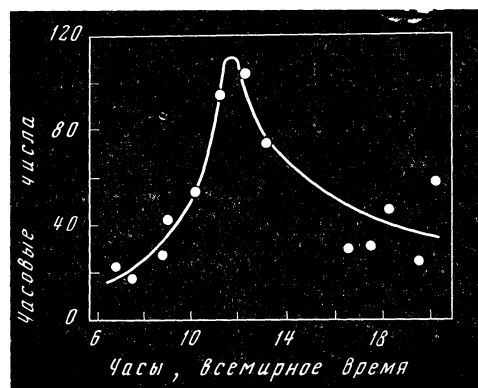
Примерно с 10 по 18 декабря можно любоваться медленными белыми Геминидами. Их радиант во время максимума активности 14 декабря располагается очень близко от звезды Кастор (α Близнецов): $\alpha = 7^{\text{h}}29^{\text{m}}$, $\delta = +32^{\circ}$. Пространственная плотность мете-

РАДИАНТЫ Леонид, Геминид и 11-Канис-Минорид среди звезд. Названия радиантов даны по латинскому названию созвездия, в котором они наблюдаются в максимум активности





ПОЛОЖЕНИЕ КОМЕТЫ Темпеля — Тутля во время наблюдений Леонид в 1967 и 1968 гг. Комета находилась за пределами орбиты Юпитера



ЧАСОВЫЕ ЧИСЛА МЕТЕОРОВ потока Леонид 17 ноября 1968 г. В 12 часов всемирного времени в Америке и Японии видели около двух метеоров в минуту

орных тел у Геминид в 10—100 раз больше, чем в роях других ежегодно наблюдаемых активных потоков. У Геминид частицы в доли миллиметра и крупнее находятся в среднем на расстоянии 200 км, а, например, у Леонид 1968 года такие частицы были разделены почти на 500 км. Поэтому Геминиды, хотя и обладают небольшой геоцентрической скоростью (36 км/сек), дают все-таки до 60 метеоров в час.

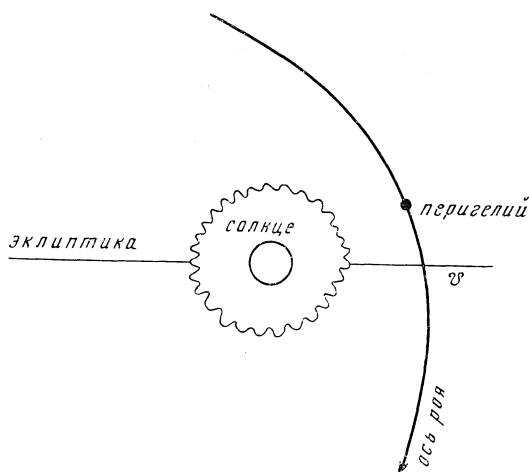
Орбита роя очень мала. Ее большая полуось составляет 1,4 а. е., эксцентриситет 0,9, наклонение к плоскости эклиптики 23°. Не известно ни одного тела (кометы или астероида), которое имело бы такую маленькую орбиту, как рой Геминид. Даже у кометы Энке — самой короткопериодической из всех известных — орбита значительно больше. Эта комета совершает полный оборот вокруг Солнца за 3,3 года, а Геминиды за то же время успевают обойти свою орбиту дважды. Земля пересекает рой вдали от перигелия (расстояние перигелия от Солнца 0,14 а. е.), двигаясь от его внутренней кромки к внешней. Плавное нарастание численности метеоров перед максимумом сменяется резким спадом после него. Комета — родоначальница роя Геминид не известна. И это не удивительно: в столь близком соседстве с Солнцем комета, быстро испаряясь, может просуществовать всего несколько лет.

10 декабря 1964 г. вблизи звезды 11 Малого Пса наблюдался слабый радиант. Поток получил название 11-Канис-Минориды. Скорость метеоров не была определена, но

они были очень быстрые. Когда вычислили параболическую орбиту роя, оказалось, что 11-Канис-Минориды необычайно близко подходят к Солнцу: в перигелии их отделяет от солнечной поверхности около 4 млн. км, так что метеорные тела должны нагреваться до температуры более 1000° С. Орбита роя почти целиком лежит под плоскостью эклиптики и почти перпендикулярна к ней. Предполагается, что рой связан с кометой 1821 I.

21 ноября 1935 г. около 19 часов всемирного времени прошел очень кратковременный звездный дождь. Его видели в Америке и в Индии (в Европе радиант был под горизонтом). Часовые числа метеоров превышали 2000. По сообщениям наблюдателей, радиант метеоров находился вблизи звезды α Единорога: $\alpha = 7^h20^m$, $\delta = -5^\circ$. Поток получил название α-Моноцеротид. Среди метеоров было много ярких и длинных.

Ровно за 10 лет до этого, 21 ноября 1925 г., наблюдатели отметили высокую метеорную активность — около 150 метеоров в час. Полученный радиант оказался расположенным на расстоянии около 15° от звезды α Единорога: $\alpha = 6^h46^m$, $\delta = +8^\circ$. Однако совпадение моментов наблюдений и очень короткая длительность действия потоков в 1925 и 1935 гг. позволили предположить, что в обоих случаях наблюдался один и тот же поток. Возможно, он связан с кометой 1944 I. Как раз 21 ноября Земля проходит на минимальном расстоянии (0,2 а. е.) от орбиты этой кометы. Нам плохо известна орбита кометы, кроме то-



ПОЛОЖЕНИЕ ОРБИТЫ РОЯ 11-Канис-Минорид вблизи Солнца. Расстояние перигелия от Солнца столь мало, что метеорные тела, отклоняющиеся от оси роя, почти касаются Солнца

то, до сих пор не определена скорость метеоров, а для выяснения их связи с кометой знать это необходимо.

Огромную роль в развитии метеорной астрономии сыграли Андромедиды. История Андромедид — это история кометы Биэлы. Слабенькая комета Биэлы неоднократно наблюдалась начиная с 1772 г. В 1845 г. ожидалось очередное ее возвращение к Солнцу. Комету увидели 25 ноября на том месте, где она должна была быть согласно вычислениям. 13 января 1846 г. комета разделилась на две части. У каждой было свое ядро, голова и хвост. Расстояние между кометами-близнецами увеличивалось. Вскоре они ушли от Солнца и стали недоступны наблюдениям. В 1852 г. обе кометы вернулись. Тогда их видели в последний раз.

Период обращения комет составлял около 7 лет. Они должны были вернуться к Солн-

цу в 1859, 1866, 1872 гг. и т. д. Известный французский популяризатор астрономии К. Фламарион писал об этих напрасных ожиданиях: «Наблюдатель, поджидающий комету на ее пути, находится в настоящем времени в таком же затрудненном положении, как начальник станции, не видящий приближения поезда, о котором он получил известие. Тут может ошибиться стрелочник, или начальник станции отправления забыл известить, но комета не может, не должна обманывать. Поэтому, несомненно, что с нею случилось большое несчастье, роковое для нее, так как, очевидно, она не существует более на свете» *.

О комете мало-помалу забыли. И вдруг 27 ноября 1872 г., когда Земля пришла в точку сближения орбит, с неба полил звездный дождь: «Звезды падали большими хлопьями, огненные линии скользили почти отвесно целыми пучками в виде ливня; там были видны ослепительные пары света, здесь происходили беззвучные взрывы... Такой дождь продолжался от семи часов вечера до часу утра» (К. Фламарион). Было ясно, что Земля прошла сквозь рой частиц, оставшихся от разрушенной кометы. Дождь повторился через 13 лет — в 1885 г. Радиант метеоров находился около звезды α Андромеды: $\alpha = 1^{\text{h}}40^{\text{m}}$, $\delta = +43^\circ$.

Поток Андромедид наблюдался и раньше. Он давал много метеоров в 1741, 1798, 1830 гг. В 1899 г. он был довольно обильным, а затем наблюдался с трудом. Теперь Андромедиды очень бедны. Метеорные тела в рое Андромедид, конечно, сохранились, но планетные возмущения изменили их орбиту, так что Земля проникает лишь в самые разреженные части роя. Современные наблюдения Андромедид очень важны для изучения эволюции роя.

А. Н. СИМОНЕНКО
кандидат физико-математических наук

* К. Фламарион. Живописная астрономия. СПб, 1897 г.

ЯРКИЕ ПЛАНЕТЫ В НОЯБРЕ — ДЕКАБРЕ 1969 года

Меркурий можно видеть в последней декаде декабря вечером на юго-западе. Блеск планеты будет постепенно уменьшаться от $-0^m,5$ до 0^m .

Венеру можно наблюдать в первой половине ноября перед

восходом Солнца. К концу года наступит неблагоприятный период для наблюдения Венеры.

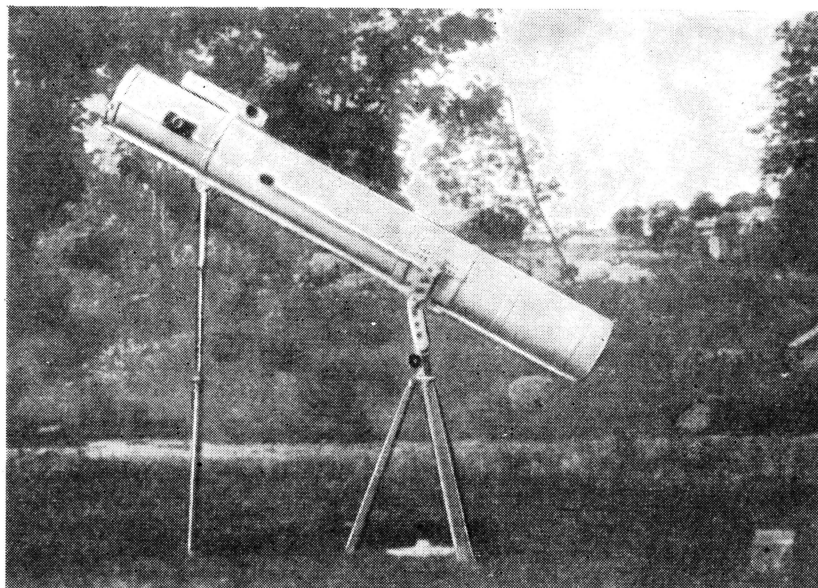
Марс в ноябре будет в созвездии Стрельца, а в декабре — в созвездиях Козерога и Водолея. Период неблагоприятен для наблюдений.

Юпитер в ноябре — декабре будет в созвездии Девы. Утром 4 ноября в этом созвездии ока-

жутся две яркие планеты — Венера и Юпитер. К концу года продолжительность утренней видимости Юпитера достигает 5 часов (блеск планеты $-1^m,4$).

Сатурн во второй половине ноября и в декабре можно увидеть вечером и ночью в созвездии Овна. В конце года блеск планеты уменьшится до $+0^m,5$.

ЭТОТ ЗЕРКАЛЬНЫЙ ТЕЛЕСКОП построил пенсионер С. М. Божанов (Тукумс, Латвийская ССР). Диаметр зеркала телескопа 180 мм, фокусное расстояние 1550 мм. Инструмент установлен на азимутальной монтировке, но С. М. Божанов уже сделал для него параллактическую монтировку



ПЕРВЫЙ СЛЕТ ЮНЫХ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

По инициативе Всесоюзного астрономо-геодезического общества с 8 по 19 июля 1969 г. на территории Шемахинской астрофизической обсерватории (144 км от Баку) был проведен I Всесоюзный слет юных любителей астрономии. В слете приняли участие 180 членов астрономических кружков из 35 городов страны, а также 40 руководителей кружков.

Торжественное открытие слета

состоялось 8 июля в конференц-зале Академии наук Азербайджанской ССР. 9 июля участники слета переехали в Пиркули, где бакинским Дворцом пионеров был подготовлен «звездный городок»: около ста палаток, 15 телескопов, специальные площадки для наблюдателей метеоров и переменных звезд.

Участники слета прослушали ряд лекций астрономов Шемахинской обсерватории, а также уче-

ных из Москвы, Горького, Алматы и других городов. Ежедневно работали шесть секций: Солнца, планет, метеоров, переменных звезд, астроклимата, астроприборостроения и астрофотографии, а по ночам велись наблюдения. Была проведена астрономическая олимпиада, вечер «вопросов и ответов», дискуссия о внеземных цивилизациях. Слет прошел живо и интересно.

В. А. БРОНШТЭН

ОТВЕЧАЕМ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

Дорогая редакция!

Я ученик десятого класса. Я увлекаюсь астрономией и выписываю ваш журнал «Земля и Вселенная». Поэтому я обращаюсь к вам с просьбой ответить мне на один вопрос. Я слышал, что якобы существует десятая планета нашей солнечной системы. Ее название Трансплутоний. И мне бы очень хотелось узнать, существует эта планета на самом деле или нет, а если существует, то кем, когда и как она была открыта?

Владимир Ныров
(Калининград)

На этот вопрос отвечает специалист по небесной механике — профессор Ю. А. Рябов.

В настоящее время мы знаем девять больших планет солнечной системы: это — Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. Пять первых из них были известны еще в глубокой древности. Уран был открыт в 1781, Нептун в 1846 и Плутон в 1930 гг.

История открытия Нептуна — это одна из славных страниц небесной механики, науки, изучающей движение небесных тел. Вскоре после открытия Урана выяснилось, что его теоретическая орбита, построенная с учетом сил притяжения всех известных планет по закону Ньютона,

не соответствует точно наблюдаемым положениям Урана на небе. Почему? Может быть закон притяжения Ньютона недостаточно точно отражает взаимодействие между небесными телами? А может быть на Уран действует дополнительная сила притяжения не известной еще планеты?

Французский астроном У. Леверье и английский астроном Дж. Адамс теоретически вывели орбиту и вычислили видимый путь на небе этой неизвестной планеты. И планета действительно была обнаружена 23 сентября 1846 г. при наблюдении в телескоп. Она оказалась на расстоянии лишь одного градуса дуги от места, предсказанного Леверье. Планета была названа Нептуном. Открытие Нептуна явилось очень убедительным доказательством правильности закона Ньютона и теорий движения небесных тел, выводимых в небесной механике.

История открытия Плутона, по существу, аналогична. В движении Урана и Нептуна обнаружили отклонения, которые были отнесены за счет влияния далекой «занептунной» планеты. С 1877 по 1915 г. был опубликован ряд работ с вычислениями орбиты этой планеты, проведенными на основании анализа движения Урана и Нептуна. Поиски новой планеты начались с 1905 г. Наконец, она была обнаружена на снимках от 23 и 29 января 1930 г. и названа впоследствии Плутоном. Яркость этой планеты весьма невелика — планета примерно 15-й звездной величины.

Естествен вопрос: существуют ли более далекие «заплутонные» планеты или Плутон действительно находится «на краю» солнечной системы?

Между орбитой Плутона и ближайшими звездами огромное пространство, превышающее примерно в 6000 раз расстояние от

Плутона до Солнца. Их влияние никак не может сказываться на движении планет, расположенных в 50 и даже в 100 раз дальше от Солнца, чем Плутон. Теория происхождения нашего семейства планет также не исключает возможности существования за Плутоном других планет.

Анализ распределения расстояний всех планет от Солнца, их размеров, плотности, массы, орбитальной скорости показывает, что в солнечной системе могут быть еще две планеты: карлик с массой около $1/10$ — $1/20$ массы Земли и гигант с массой около 100 масс Земли. Влияние гигантской планеты может быть причиной значительной вытянутости орбиты Плутона по сравнению с другими планетами солнечной системы.

Поиск этих неизвестных планет сопряжен с большими трудностями: они настолько слабы, что их не удастся наблюдать даже в самые мощные современные телескопы. Орбиту гипотетической планеты-гиганта можно определить, проанализировав расхождения между наблюдениями и теорией движения Плутона. Пока такие расхождения не обнаружены, так как с момента открытия Плутона (1930 г.) прошло слишком мало времени.

Как известно, планеты солнечной системы при своем движении закрывают от земного наблюдателя звезды. Можно попытаться увидеть в телескоп покрытия звезд и гипотетическими планетами. Правда, наблюдать это очень сложно. Во всяком случае, требуются тщательные и систематические наблюдения участков неба, где могут находиться новые планеты.

Таким образом, существование неизвестных планет в солнечной системе весьма правдоподобно, хотя уверенно утверждать это мы пока не можем.



КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

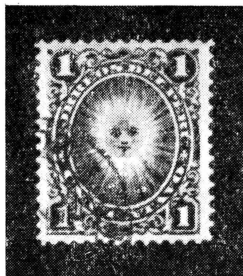
Поэты, писатели и художники очень часто в своих произведениях обращаются к Солнцу. Это и не удивительно: наше дневное светило не только дает нам жизненную энергию, свет, тепло, но и вызывает у нас радостные эмоциональные чувства.

Солнце изображено на марках многих стран мира. Правда, изображения эти несколько стилизованы, но от этого марки не теряют своей прелести.

Впервые почтовая миниатюра с изображением Солнца вышла в 1874 г. в Перу. Наше светило воспроизведено на ней в стиле изображения Солнца древними инками. Пожалуй, эта марка по праву занимает первое место в тематических коллекциях по астрономии и Космосу.



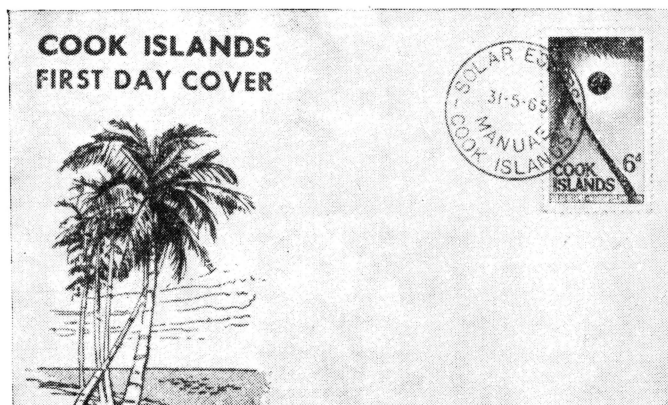
Солнце на марках



Изумительно по красоте полное солнечное затмение. Чтобы произвести научные наблюдения в момент полной фазы затмения, которая длится считанные секунды, исследовать солнечную корону,

видимую в эти мгновения невооруженным глазом, ученые снаряжают экспедиции в далекие и порой труднодоступные места. Так, на острове Мануаз (острова Кука, Новая Зеландия) солнечное затмение 30 мая 1965 года наблюдали несколько научных экспедиций. Были там и советские астрономы. В память об этом событии в Новой Зеландии вышла почтовая марка, на которой изображено полное солнечное затмение. Полную фазу затмения можно увидеть и на одной мексиканской марке из серии, посвященной открытию в 1942 г. астрономической обсерватории в Тонантинтла, и на двух румынских марках 1961 г.

В 1965 г. в ознаменование Международного года спокойно-го Солнца (МГСС) в Болгарии и Республике Мали были выпущены марки, а в Венгрии — почтовый блок с изображением солнечного затмения. Следует отметить, что страны — члены Всемирного почтового союза посвятили одну





серию марок МГСС. На многих из них, кроме эмблемы МГСС, показано и наше Солнце. В СССР посвящена МГСС серия из трех марок, которые в день начала МГСС — 1 января 1964 г. — гасились специальным штемпелем.

На марках и блоках некоторых государств Солнце представлено во всей своей красе. На марке Советского Союза, выпущенной в 1964 г. в связи с 400-летием со дня рождения Галилео Галилея, рядом с портретом великого ученого изображено Солнце с пятнами.

Известно, что не только по пятнам можно судить об активности Солнца. Протуберанцы и корона также характеризуют солнечную активность. Эти образования отчетливо видны на цветном блоке ГДР (выпуск 1964 г.), на марках Чехословакии (1963, 1965 и 1967 гг.), Нигерии (1964 г.) и на марке США (1957 г.), где изображены протуберанцы, а над ними — две руки «Ночи» и «Дня» из скульптурной группы Микеланджело в капелле Медичи.

На очень многих почтовых миниатюрах, основная тема которых не связана с астрономией, Солнце изображается как символ. На марках Советского Союза Солнце всегда символизирует Дружбу, Счастье, Мир.

В. В. ПОЛОНСКИЙ



**КНИГИ ПО АСТРОНОМИИ И ГЕОФИЗИКЕ В 1970 Г.
(ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»).**

**Тому, кого интересуют проблемы геофизики,
астрономии и астрофизики,
Тому, кто хочет узнать о путях завоевания
космического пространства**

Издательство «Знание» предлагает подписные серии научно-популярных брошюр «Физика, астрономия» и «Наука о Земле». Виднейшие ученые расскажут на страницах брошюр о новостях науки. Каждая серия состоит из 12 выпусков в год.

Подписаться на серии «Физика, астрономия» и «Наука о Земле» можно в любом отделении «Союзпечати», так же как вы подписываетесь на газеты и журналы. Подписная цена за год на одну серию 1 руб. 08 коп. В каталоге «Союзпечати» вы найдете брошюры этих серий в разделе «Научно-популярные журналы» под рубрикой «Брошюры издательства «Знание».

В 1970 г. намечено выпустить среди других следующие брошюры: академик Г. И. Петров «Космические исследования в СССР», Л. Э. Гуревич «Общая теория относительности в физической картине мира», академик Б. М. Понтекоров «Нейтринные обсерватории», член-корреспондент АН СССР В. В. Федынский «Новые исследования комет и метеоров», Л. С. Минина «Искусственные спутники Земли на службе у метеорологов»; доктор геолого-минералогических наук Б. М. Келлер «Великие оледенения Земли»; и многие другие.

Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Научно-популярный журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ

Зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук **И. А. ХВОСТИКОВ**

Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН

Кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, доктор техн. наук
А. А. ИЗОТОВ, кандидат физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, кандидат
физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦ-
КИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук
Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, кандидат физ.-мат. наук
И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, док-
тор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор
техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ.

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обяза-
тельна

Адрес редакции:

Москва, В-333,
Ленинский пр., д. 61/1



Тел. 135-64-81
135-63-08

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: А. М. Балунева,
Г. Н. Нелидова

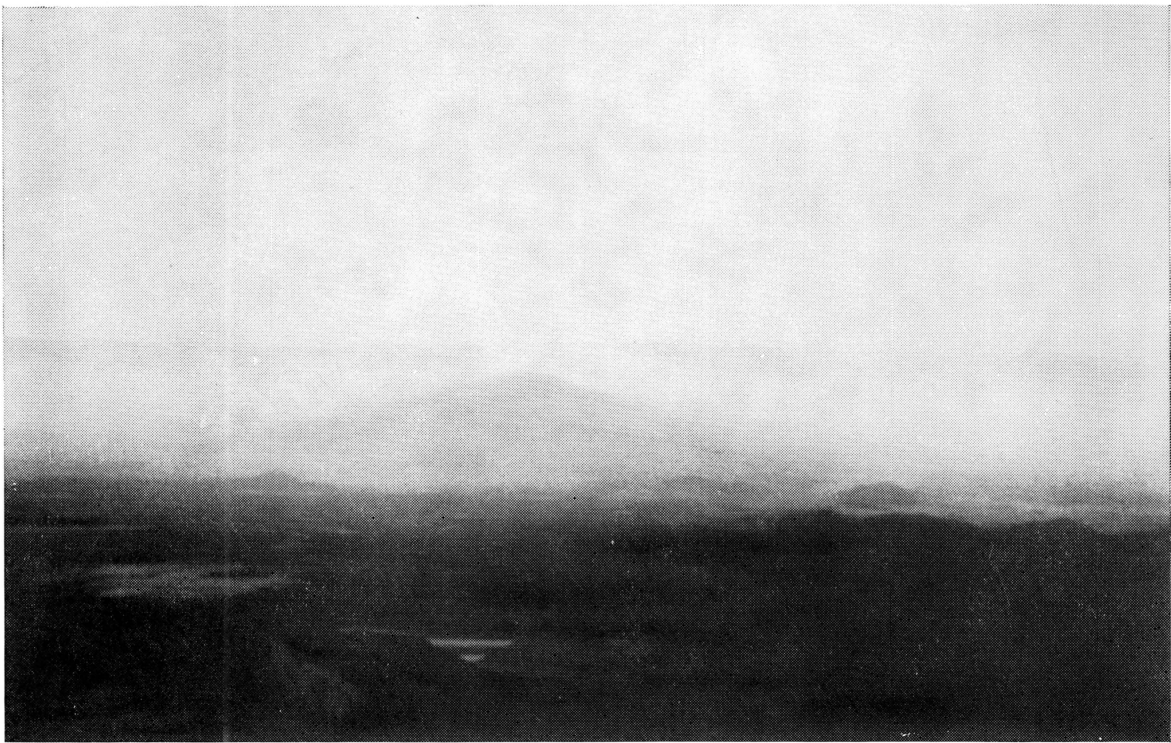
Т-13612 Подписано к печати 11/IX 1969 г.

Сдано в набор 30/VI 1969 г.

Формат бум. 84×108¹/₁₆. Печ. л. 6,0(10,08)

Уч.-изд. л. 9,82+1 вкл. Тираж 38.000 экз.

Цена 30 коп. Заказ 2444



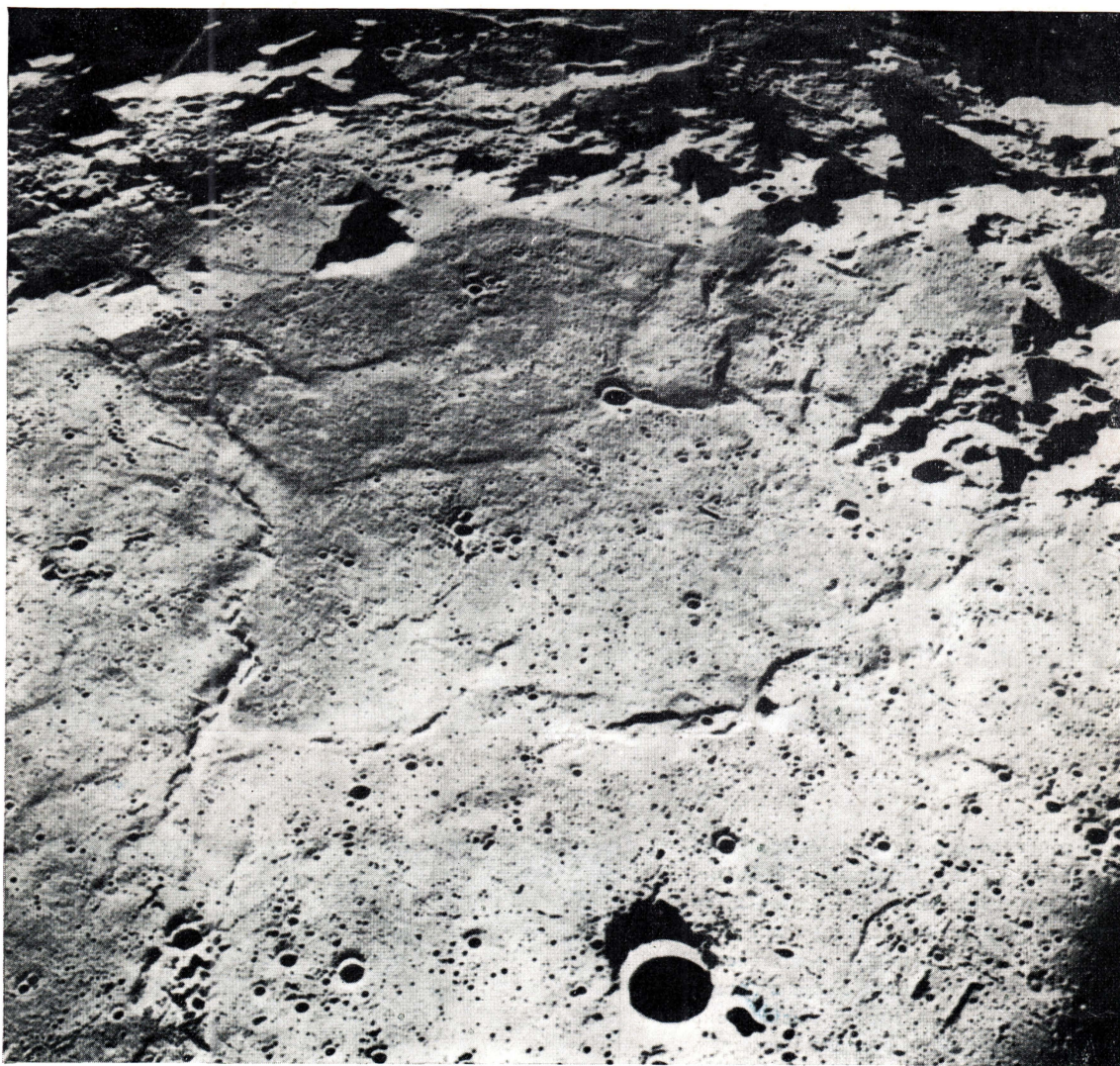
В статье голландского ученого М. Миннарта читатель найдет много интересных описаний необычных оптических явлений. Некоторые из них сфотографированы. На верхнем снимке — тень горы на слое тумана — «Броккенский призрак» (по названию горы Броккен в Гарце)

Фото У. Ливингстона

На нижнем снимке нетрудно заметить вертикальную полосу света над током воздуха из печной трубы. Это удивительное явление еще никому не удалось объяснить.

Фото Р. Флорида





Дорогие читатели!

В ноябре заканчивается подписка на 1970 год.
Не забудьте своевременно оформить подписку
на журнал «ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ».

Стоимость годовой подписки I р. 80 коп.

Индекс Союзпечати 70336.

Как и в предыдущие годы наш журнал почти
не будет поступать в розничную продажу.



Издательство

«Наука»

Индекс 70336

Цена 30 коп.